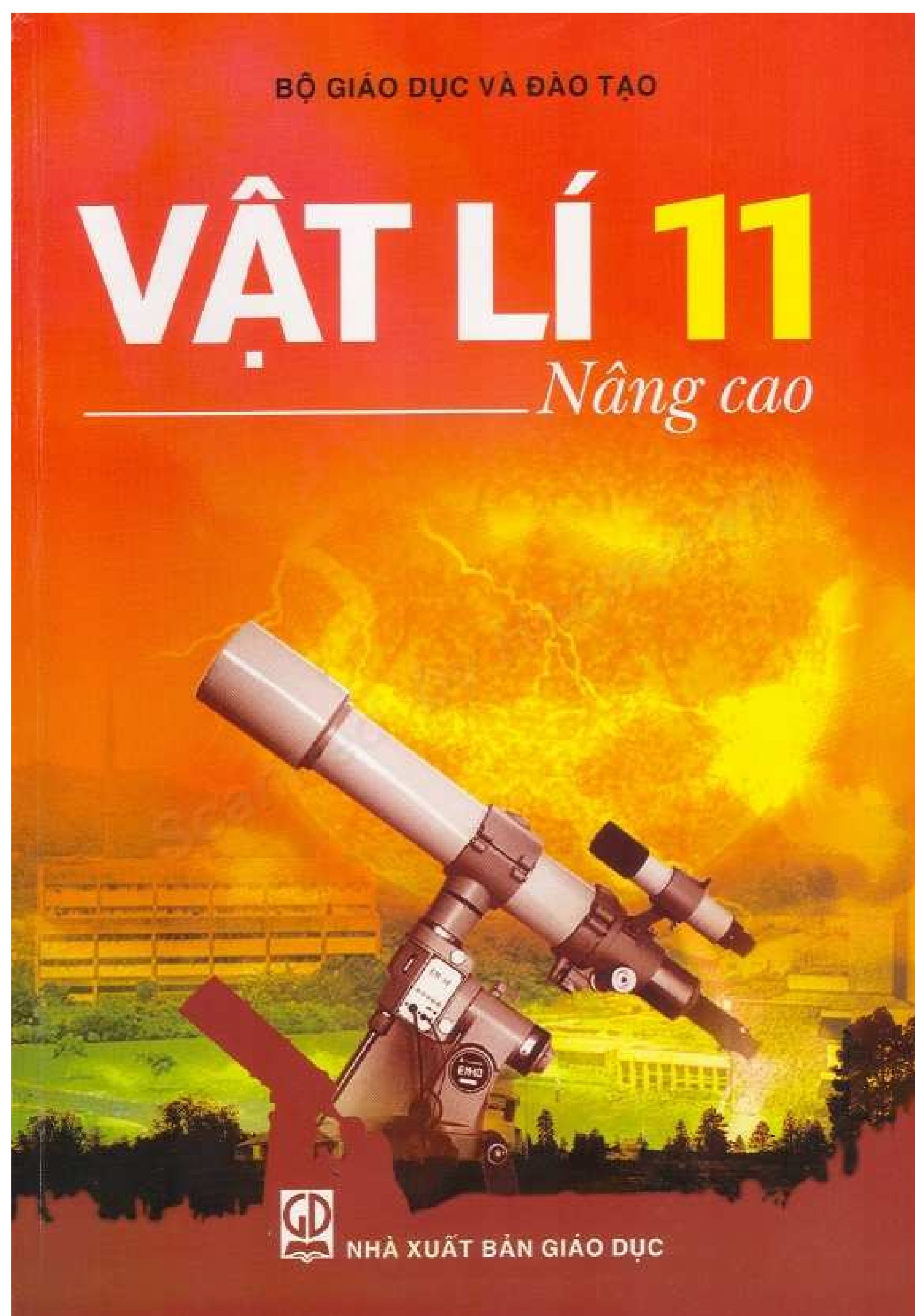


Tác giả

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

NGUYỄN THẾ KHÔI (Tổng Chủ biên)
NGUYỄN PHÚC THUẦN (Chủ biên)
NGUYỄN NGỌC HƯNG - VŨ THANH KHIẾT
PHẠM XUÂN QUẾ - PHẠM ĐÌNH THIẾT
NGUYỄN TRẦN TRÁC

VẬT LÍ 11

Nâng cao

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Bản quyền

Ghi chú về hai cột sách

Phần lớn các trang sách có 2 cột : cột phụ gồm một số hình vẽ và những biểu bảng, những ghi chú và ví dụ cụ thể để làm rõ hơn kiến thức trình bày ở cột chính. Học sinh không cần nhớ, chỉ cần hiểu số liệu trong các biểu bảng, những ví dụ và ghi chú ở cột phụ. Trong cột phụ có những câu hỏi kí hiệu C dùng để nêu vấn đề và gợi mở trong giờ học.

692-2006/CXB/539 - 1530/GD Mã số : NH105M7

PHẦN MỘT. ĐIỆN HỌC - ĐIỆN TỪ HỌC

PHẦN MỘT

ĐIỆN HỌC
ĐIỆN TỪ HỌC



Nhà bác học Vôn-ta trình bày chiếc pin đầu tiên của mình với Bô-na-pác.

Phần Điện học - Điện từ học đề cập đến các hiện tượng liên quan đến tương tác giữa các điện tích đứng yên và chuyển động, gọi chung là hiện tượng điện từ và các quy luật chi phối các hiện tượng này. Các hiện tượng điện từ rất phổ biến trong tự nhiên, rất phong phú và đa dạng. Chúng được ứng dụng rộng rãi trong khoa học và kĩ thuật, cũng như trong cuộc sống.

Mục lục phần một

ĐIỆN HỌC - ĐIỆN TỪ HỌC

ĐIỆN TÍCH - ĐIỆN TRƯỜNG

DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG

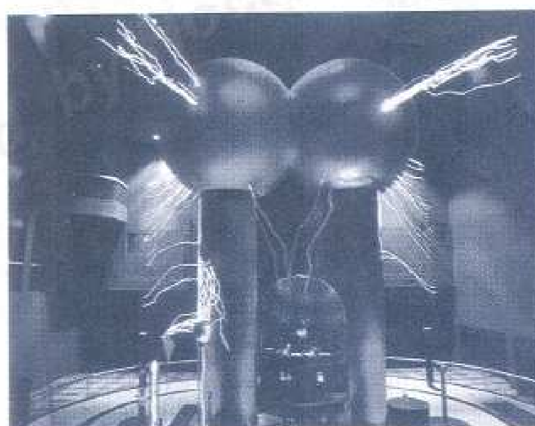
TỪ TRƯỜNG

CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

Chương I. ĐIỆN TÍCH. ĐIỆN TRƯỜNG

CHƯƠNG I

Điện tích
Điện trường



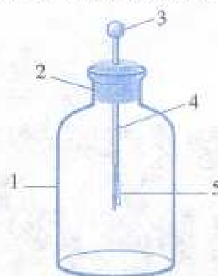
Chương này trình bày những nội dung về định luật tương tác giữa các điện tích điểm (định luật Cu-lông), điện trường, cường độ điện trường của điện tích điểm, hiệu điện thế, điện thế và công của lực điện, năng lượng điện trường, tụ điện, ghép tụ điện.

Bài 1. Điện tích. Định luật Cu-lông

1 ĐIỆN TÍCH
ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG



CU-LÔNG (Charles Coulomb, 1736-1806, nhà vật lí người Pháp)



Hình 1.1 Điện nghiệm

1. Bình thuỷ tinh ; 2. Nút cách điện ; 3. Núm kim loại ; 4. Thanh kim loại ; 5. Hai lá kim loại nhẹ.

Điện nghiệm dùng để phát hiện điện tích ở một vật. Khi một vật nhiễm điện chạm vào núm kim loại thì điện tích truyền đến hai lá kim loại (nhiễm điện do tiếp xúc). Do đó hai lá kim loại đẩy nhau và xoè ra.

Bài này sẽ trình bày một số khái niệm mở đầu về điện (điện tích dương, điện tích âm, sự nhiễm điện của các vật) và về định luật tương tác giữa hai điện tích.

1. Hai loại điện tích. Sự nhiễm điện của các vật

a) Hai loại điện tích

Có hai loại điện tích : điện tích dương, điện tích âm. Các điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, các điện tích khác dấu thì hút nhau.

Đơn vị điện tích là culông, kí hiệu là C.

Điện tích của êlectron là điện tích âm và có độ lớn $e = 1,6.10^{-19}$ C. Thí nghiệm đã chứng tỏ rằng trong tự nhiên không có hạt nào có điện tích nhỏ hơn e. Độ lớn của điện tích một hạt bao giờ cũng bằng một số nguyên lần e.

Dựa vào sự tương tác giữa các điện tích cùng dấu người ta chế tạo ra điện nghiệm (Hình 1.1).

b) Sự nhiễm điện của các vật

Nhiễm điện do cọ xát

Sau khi cọ xát vào lụa, thanh thuỷ tinh có thể hút được các mẩu giấy vụn (Hình 1.2). Người ta nói thanh thuỷ tinh được *nhiễm điện do cọ xát*.

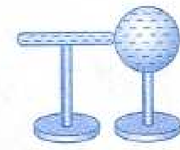


Hình 1.2 Thanh thuỷ tinh nhiễm điện hút các mẩu giấy.

Bài 1 (tiếp)

Nhiễm điện do tiếp xúc

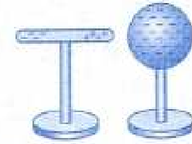
Cho thanh kim loại không nhiễm điện chạm vào quả cầu đã nhiễm điện thì thanh kim loại nhiễm điện cùng dấu với điện tích của quả cầu (Hình 1.3). Người ta nói thanh kim loại được *nhiễm điện do tiếp xúc*. Đưa thanh kim loại ra xa quả cầu thì thanh kim loại vẫn nhiễm điện.



Hình 1.3 Nhiễm điện do tiếp xúc.

Nhiễm điện do hưởng ứng

Đưa thanh kim loại không nhiễm điện đến gần quả cầu đã nhiễm điện nhưng không chạm vào quả cầu, thì hai đầu thanh kim loại được nhiễm điện. Đầu gần quả cầu hơn nhiễm điện trái dấu với điện tích của quả cầu, đầu xa hơn nhiễm điện cùng dấu (Hình 1.4). Hiện tượng đó được gọi là hiện tượng hưởng ứng tĩnh điện, còn gọi tắt là hiện tượng *điện hưởng*. Người ta nói thanh kim loại được *nhiễm điện do hưởng ứng*.



Hình 1.4 Nhiễm điện do hưởng ứng.

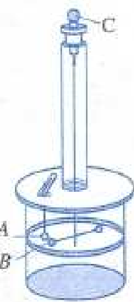
C1 Vì sao thanh kim loại nhiễm điện do hưởng ứng ở thí nghiệm Hình 1.4 khi được đưa ra xa quả cầu thì điện tích ở hai đầu thanh kim loại lại "biến mất" ?

Một vật được nhiễm điện cũng gọi là vật được tích điện.

Đưa thanh kim loại ra xa quả cầu thì thanh kim loại lại trở về trạng thái không nhiễm điện như lúc đầu.

2. Định luật Cu-lông

Cu-lông đã dùng chiếc cân xoắn (Hình 1.5) để khảo sát lực tương tác giữa hai quả cầu nhiễm điện có kích thước nhỏ so với khoảng cách giữa chúng. Các vật nhiễm điện có kích thước nhỏ như vậy gọi là các *điện tích điểm*.

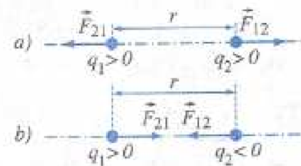


Hình 1.5 Cân xoắn Cu-lông. Khoảng cách giữa hai quả cầu A, B được điều chỉnh nhờ chiếc núm xoay C của cân. Độ xoắn của sợi dây treo cho phép ta xác định lực tương tác giữa hai quả cầu.

Năm 1785, Cu-lông tổng kết các kết quả thí nghiệm của mình và nêu thành định luật sau đây gọi là *định luật Cu-lông* :

Độ lớn của lực tương tác giữa hai điện tích điểm tỉ lệ thuận với tích các độ lớn của hai điện tích đó và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

Phương của lực tương tác giữa hai điện tích điểm là đường thẳng nối hai điện tích điểm đó. Hai điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, hai điện tích trái dấu thì hút nhau (Hình 1.6).



Hình 1.6 Phương và chiều của lực tương tác giữa hai điện tích điểm.

Lực tương tác giữa hai điện tích gọi là *lực tĩnh điện*, hay cũng gọi là *lực Cu-lông*.

Bài 1 (tiếp)

C2 Từ các công thức xác định lực hấp dẫn và lực Cu-lông cho thấy giữa hai lực đó có gì giống nhau, có gì khác nhau ?

Bảng 1.1

Hằng số điện môi của một số chất

Chất	Hằng số điện môi
Thuỷ tinh	5 ÷ 10
Sứ	5,5
Êbônit	2,7
Cao su	2,3
Nước nguyên chất	81,0
Dầu hoả	2,1
Không khí	1,000594

Công thức độ lớn của lực tương tác giữa hai điện tích điểm :

$$F = k\frac{|q_1q_2|}{r^2} \quad (1.1)$$

r là khoảng cách giữa hai điện tích điểm q_1, q_2 ; k là hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào hệ đơn vị.

Trong hệ SI, $k = 9.10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$.

3. Lực tương tác của các điện tích trong điện môi (chất cách điện)

Thí nghiệm chứng tỏ rằng, lực tương tác giữa các điện tích điểm đặt trong điện môi đồng tính, chiếm đầy không gian xung quanh điện tích, giảm đi ε lần so với khi chúng được đặt trong chân không.

$$F = k\frac{|q_1q_2|}{\varepsilon r^2} \quad (1.2)$$

Đại lượng ε chỉ phụ thuộc vào tính chất của điện môi mà không phụ thuộc vào độ lớn các điện tích và khoảng cách giữa các điện tích. ε được gọi là *hằng số điện môi*.

Người ta quy ước hằng số điện môi của chân không bằng 1. Trong bảng 1.1, ta chú ý hằng số điện môi của không khí gần bằng 1.

Thí nghiệm Cu-lông được tiến hành trong không khí, nhưng vì hằng số điện môi của không khí gần bằng 1 nên kết quả của thí nghiệm cũng được coi là đúng cả trong chân không.

CÂU HỎI

1. Có hai vật kích thước nhỏ, nhiễm điện đẩy nhau. Các điện tích trên mỗi vật có dấu như thế nào ?
2. Có bốn vật *A, B, C, D* kích thước nhỏ, nhiễm điện. Biết rằng vật *A* hút vật *B* nhưng đẩy vật *C*. Vật *C* hút vật *D*. Hỏi vật *D* hút hay đẩy vật *B* ?
3. Hãy nêu sự khác nhau giữa nhiễm điện do tiếp xúc và do hưởng ứng.

BÀI TẬP

1. Hãy chọn phát biểu đúng.

Độ lớn của lực tương tác giữa hai điện tích điểm trong không khí

A. tỉ lệ thuận với bình phương khoảng cách giữa hai điện tích.

B. tỉ lệ thuận với khoảng cách giữa hai điện tích.

C. tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai điện tích.

D. tỉ lệ nghịch với khoảng cách giữa hai điện tích.

Bài 1 (tiếp)

2. Hãy chọn phương án đúng.

Dấu của các điện tích q_1, q_2 trên hình 1.7 là :

A. $q_1 > 0$; $q_2 < 0$.

B. $q_1 < 0$; $q_2 > 0$.

C. $q_1 < 0$; $q_2 < 0$.

D. Chưa biết chắc chắn vì chưa biết độ lớn của q_1, q_2.



Hình 1.7

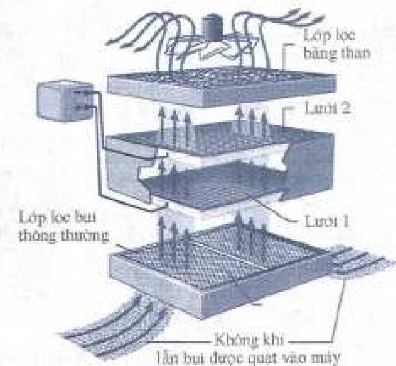
3. Cho biết trong 22,4 *l* khí hiđrô ở 0°C và dưới áp suất 1 atm thì có $2.6{,}02.10^{23}$ nguyên tử hiđrô. Mỗi nguyên tử hiđrô gồm hai hạt mang điện là prôtôn và êlectron. Hãy tính tổng các điện tích dương và tổng các điện tích âm trong 1 cm^3 khí hiđrô.

4. Tính lực tương tác tĩnh điện giữa một êlectron và một prôtôn nếu khoảng cách giữa chúng bằng 5.10^{-9} cm. Coi êlectron và prôtôn như những điện tích điểm.

Em có biết ?

MÁY LỌC BỤI

Sơ đồ của máy lọc bụi được trình bày trên Hình 1.8. Không khí có nhiều bụi được quạt vào máy qua lớp lọc bụi thông thường. Tại đây, các hạt bụi có kích thước lớn bị gạt lại. Dòng không khí có lẫn các hạt bụi kích thước nhỏ vẫn bay lên. Hai lưới 1 và 2 thực chất là hai điện cực : lưới 1 là điện cực dương, lưới 2 là điện cực âm. Khi bay qua lưới 1 các hạt bụi nhiễm điện dương. Do đó, khi gặp lưới 2 nhiễm điện âm, các hạt bụi bị hút vào lưới. Vì vậy, khi qua lưới 2, không khí đã được lọc sạch bụi. Sau đó có thể cho không khí đi qua lớp lọc bằng than để khử mùi. Bằng cách này có thể lọc đến 95% bụi trong không khí.

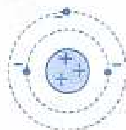


Hình 1.8 Sơ đồ máy lọc bụi.

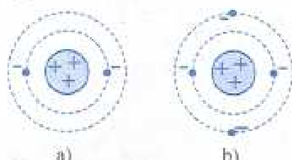
Máy lọc bụi là một ứng dụng của lực tương tác giữa các điện tích. Ngoài ra, lực tương tác giữa các điện tích còn có nhiều ứng dụng khác trong công nghiệp cũng như trong đời sống. Chẳng hạn, kĩ thuật sơn tĩnh điện là một trong những ứng dụng đó. Muốn sơn vỏ xe ô tô, người ta làm cho sơn và vỏ xe nhiễm điện trái dấu nhau. Khi sơn được phun vào vỏ xe, thì các hạt sơn nhỏ li ti sẽ bị hút và bám chặt vào mặt vỏ xe.

Bài 2. Thuyết êlectron. Định luật bảo toàn điện tích

2 THUYẾT ÊLECTRON ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐIỆN TÍCH



Hình 2.1 Mô hình đơn giản của nguyên tử liti.



Hình 2.2 Mô hình đơn giản của ion liti.
a) ion dương liti ; b) ion âm liti.

C1 Có thể nói "một nguyên tử bị mất đi một số prôtôn thì nó trở thành ion âm, nhận thêm một số prôtôn thì trở thành ion dương" được không ?

C2 Nhiều khi, người ta cũng nói "vật nhiễm điện dương là vật thừa điện tích dương, vật nhiễm điện âm là vật thừa điện tích âm". Trong câu nói đó em hiểu "thừa điện tích dương", "thừa điện tích âm" có nghĩa là gì ?

Nhiều trường hợp lẽ ra phải nói "hạt mang điện" hay "vật mang điện" thì người ta lại quen nói gọn là "điện tích".

Ngoài ra, thuật ngữ "điện tích" nhiều khi được dùng với ý nghĩa là điện lượng.

1. Thuyết êlectron

Thuyết dựa vào sự có mặt của êlectron và chuyển động của chúng để giải thích một số hiện tượng điện từ gọi là *thuyết êlectron*.

Thuyết êlectron trong việc giải thích sự nhiễm điện của các vật gồm một số nội dung chính như sau :

• Bình thường tổng đại số tất cả các điện tích trong nguyên tử bằng không, nguyên tử trung hoà về điện (Hình 2.1).

Nếu nguyên tử bị mất đi một số êlectron thì tổng đại số các điện tích trong nguyên tử là một số dương, nó là một ion dương. Ngược lại, nếu nguyên tử nhận thêm một số êlectron thì nó là ion âm (Hình 2.2).

• Khối lượng của êlectron rất nhỏ nên độ linh động của chúng rất lớn. Vì vậy, do một số điều kiện nào đó (cọ xát, tiếp xúc, nung nóng,...) một số êlectron có thể bứt ra khỏi nguyên tử, di chuyển trong vật hay di chuyển từ vật này sang vật khác. Êlectron di chuyển từ vật này sang vật khác làm cho các vật *nhiễm điện*. Vật nhiễm điện âm là vật thừa êlectron, vật nhiễm điện dương là vật thiếu êlectron.

2. Vật (chất) dẫn điện và vật (chất) cách điện

Xét về tính dẫn điện của môi trường, người ta phân biệt vật dẫn điện (vật dẫn) với vật cách điện (điện môi). Vật dẫn điện là những vật có nhiều hạt mang điện có thể di chuyển được trong những khoảng lớn hơn nhiều lần kích thước phân tử của vật. Những hạt đó gọi là các *điện tích tự do*.

Kim loại có nhiều êlectron tự do, các dung dịch muối, axit, bazơ có nhiều ion tự do. Chúng là những chất dẫn điện.

Bài 2 (tiếp)

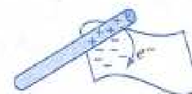
Những vật có chứa rất ít điện tích tự do là những vật điện môi.

Thuỷ tinh, nước nguyên chất, không khí khô,... có rất ít điện tích tự do. Chúng là những điện môi.

3. Giải thích ba hiện tượng nhiễm điện

a) Nhiễm điện do cọ xát

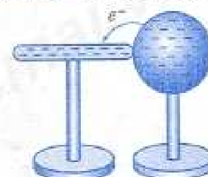
Nếu có những điểm tiếp xúc chặt chẽ giữa thanh thuỷ tinh và mảnh lụa thì ở những điểm đó có một số êlectron từ thuỷ tinh di chuyển sang lụa. Khi thanh thuỷ tinh cọ xát với lụa thì số điểm tiếp xúc chặt chẽ tăng lên rất lớn. Do đó số êlectron di chuyển từ thuỷ tinh sang lụa cũng tăng lên. Vì vậy thanh thuỷ tinh nhiễm điện dương, mảnh lụa nhiễm điện âm (Hình 2.3).



Hình 2.3 Nhiễm điện do cọ xát.

b) Nhiễm điện do tiếp xúc

Khi thanh kim loại trung hoà điện tiếp xúc với quả cầu nhiễm điện âm, thì một phần trong số êlectron thừa ở quả cầu di chuyển sang thanh kim loại. Vì thế thanh kim loại cũng thừa êlectron. Do đó, thanh kim loại nhiễm điện âm (Hình 2.4).



Hình 2.4 Nhiễm điện do tiếp xúc.

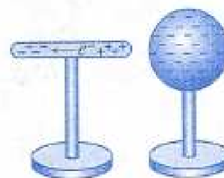
Ngược lại, nếu thanh kim loại trung hoà điện tiếp xúc với quả cầu nhiễm điện dương, thì một số êlectron tự do từ thanh kim loại sẽ di chuyển sang quả cầu. Vì thế thanh kim loại trở thành thiếu êlectron. Do đó, thanh kim loại nhiễm điện dương.

C3 Nhiều khi, người ta cũng nói "quả cầu nhiễm điện dương tiếp xúc với thanh kim loại thì điện tích dương từ quả cầu truyền sang thanh kim loại làm cho thanh kim loại nhiễm điện dương". Em hiểu mệnh đề "điện tích dương từ quả cầu truyền sang thanh kim loại" có nghĩa là gì ?

c) Nhiễm điện do hưởng ứng

Thanh kim loại trung hoà điện đặt gần quả cầu nhiễm điện âm, thì các êlectron tự do trong thanh kim loại bị đẩy ra xa quả cầu. Do đó, đầu thanh kim loại xa quả cầu thừa êlectron, nên nhiễm điện âm. Đầu thanh kim loại gần quả cầu thiếu êlectron, nên nhiễm điện dương (Hình 2.5).

Thanh kim loại đặt gần quả cầu nhiễm điện dương thì êlectron tự do trong thanh kim loại bị hút lại gần quả cầu. Do đó, đầu thanh gần quả cầu thừa êlectron nên nhiễm điện âm, còn đầu kia thiếu êlectron nên nhiễm điện dương.



Hình 2.5 Nhiễm điện do hưởng ứng.

Bài 2 (tiếp)

Vậy thực chất của sự nhiễm điện do hưởng ứng là sự phân bố lại điện tích trong thanh kim loại.

4. Định luật bảo toàn điện tích

Rất nhiều thí nghiệm chứng tỏ rằng **ở một hệ vật cô lập về điện, nghĩa là hệ không trao đổi điện tích với các hệ khác, thì tổng đại số các điện tích trong hệ là một hằng số.** Đó là nội dung của *định luật bảo toàn điện tích*. Một vật nào đó trong hệ được nhiễm điện không có nghĩa là điện tích được sinh ra mà là các điện tích âm và dương được tách ra và được phân bố lại trong nội bộ hệ vật. Cho đến nay, định luật bảo toàn điện tích đã được kiểm nghiệm trong nhiều điều kiện khác nhau, nhưng người ta chưa gặp một trường hợp nào cho thấy định luật này không được thoả mãn.

CÂU HỎI

1. Hãy nêu nội dung của thuyết êlectron dùng để giải thích sự nhiễm điện của các vật.
2. Theo thuyết êlectron thì thế nào là một vật nhiễm điện dương hay nhiễm điện âm ?
3. Theo thuyết êlectron thì có gì khác nhau giữa vật dẫn điện và vật cách điện ?
4. Hãy giải thích hiện tượng nhiễm điện do cọ xát, do tiếp xúc, do hưởng ứng.
5. Hãy giải thích tại sao khi đưa một quả cầu kim loại không nhiễm điện lại gần một quả cầu khác nhiễm điện thì hai quả cầu hút lẫn nhau.

BÀI TẬP

1. Chọn phát biểu **sai**.
   A. Trong vật dẫn điện có rất nhiều điện tích tự do.
   B. Trong vật cách điện có rất ít điện tích tự do.
   C. Xét về toàn bộ, một vật trung hoà điện sau đó được nhiễm điện do hưởng ứng thì vẫn là một vật trung hoà điện.
   D. Xét về toàn bộ thì một vật nhiễm điện do tiếp xúc vẫn là một vật trung hoà điện.
2. Chọn phát biểu đúng.
   A. Một quả cầu bấc treo gần một vật nhiễm điện thì quả cầu bấc được nhiễm điện do hưởng ứng.
   B. Khi một đám mây tích điện bay ở gần mặt đất thì những cột chống sét được nhiễm điện chủ yếu là do cọ xát.
   C. Khi một vật nhiễm điện chạm vào núm kim loại của một điện nghiệm thì hai lá kim loại của điện nghiệm được nhiễm điện do tiếp xúc.
   D. Khi chải đầu, thường thấy một số sợi tóc bám vào lược, hiện tượng đó là do lược được nhiễm điện do tiếp xúc.

3 ĐIỆN TRƯỜNG

Hai điện tích trong chân không không tiếp xúc với nhau nhưng vẫn hút nhau hoặc đẩy nhau. Chúng tác dụng lực lên nhau bằng cách nào ?

1. Điện trường

a) Khái niệm điện trường

Ta đã biết một vật tác dụng lực hấp dẫn lên các vật khác ở gần nó vì xung quanh vật đó có trường hấp dẫn.

Ở đây ta cũng có hiện tượng tương tự. **Một điện tích tác dụng lực điện lên các điện tích khác ở gần nó. Ta nói, xung quanh điện tích có điện trường.** Các điện tích tương tác được với nhau là vì điện trường của điện tích này tác dụng lên điện tích kia. Hiện nay, khoa học chứng tỏ những điều nói trên là đúng.



Con cá mập đầu búa có thể nhận biết được điện trường.

b) Tính chất cơ bản của điện trường

Tính chất cơ bản của điện trường là nó tác dụng lực điện lên điện tích đặt trong nó.

Một vật có kích thước nhỏ, mang một điện tích nhỏ, được dùng để phát hiện lực điện tác dụng lên nó gọi là *điện tích thử*. Người ta dùng điện tích thử để nhận biết điện trường.

Trong chương này, ta chỉ xét điện trường của các điện tích đứng yên đối với nhau, tức là *điện trường tĩnh*, gọi tắt là *điện trường*.

2. Cường độ điện trường

• Giả sử ta có một số điện tích thử q_1, q_2, q_3,... Đặt lần lượt các điện tích này tại một điểm nhất định trong điện trường và xác định các lực $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$, ... tác dụng lên chúng. Thí nghiệm cho biết các lực $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$, có độ lớn khác nhau, nhưng các thương số dạng $\frac{F}{|q|}$ thì bằng nhau. Nếu để ý đến cả chiều của các lực tác dụng lên các điện tích thử thì

Bài 3 (tiếp)

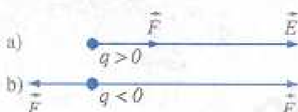
C1 Một bạn phát biểu : "Từ (3.1) ta có nhận xét, tại một điểm xác định trong điện trường thì cường độ điện trường E tỉ lệ nghịch với độ lớn của điện tích q". Câu phát biểu đó đúng hay sai ?

các thương dạng $\frac{\vec{F}}{q}$ cũng không đổi, nghĩa là $\frac{\vec{F_1}}{q_1} = \frac{\vec{F_2}}{q_2} = \frac{\vec{F_3}}{q_3}$ =... Làm thí nghiệm ở các điểm khác nhau thì các thương $\frac{\vec{F}}{q}$ là khác nhau. **Thương $\frac{\vec{F}}{q}$ đặc trưng cho điện trường ở điểm đang xét về mặt tác dụng lực gọi là *cường độ điện trường* và kí hiệu là $\vec{E}$.**

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (3.1)$$

Trong trường hợp đã biết cường độ điện trường, thì từ công thức (3.1) suy ra :

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (3.2)$$



Hình 3.1 Chiều của lực điện tác dụng lên điện tích.

Từ (3.2) ta thấy nếu $q > 0$ thì $\vec{F}$ cùng chiều với $\vec{E}$ (Hình 3.1a), ngược lại nếu $q < 0$ thì $\vec{F}$ ngược chiều với $\vec{E}$ (Hình 3.1b).

• Trong hệ SI, đơn vị cường độ điện trường có thể là niutơn trên culông, nhưng thường dùng đơn vị vôn trên mét, kí hiệu là V/m (xem Bài 4).

Cường độ điện trường ($\vec{E}$) là đại lượng vectơ nhưng nhiều khi người ta cũng gọi độ lớn của $\vec{E}$, kí hiệu E là cường độ điện trường.

3. Đường sức điện

a) Định nghĩa

Có nhiều cách mô tả điện trường. Cách mô tả có tính trực quan rõ rệt là dùng cách vẽ các đường sức điện.

Đường sức điện là đường được vẽ trong điện trường sao cho hướng của tiếp tuyến tại bất kì

Bài 3 (tiếp)

điểm nào trên đường cũng trùng với hướng của vectơ cường độ điện trường tại điểm đó (Hình 3.2).



Hình 3.2 *Đường sức điện và vectơ cường độ điện trường.*

Các đường sức điện của một điện tích điểm và của hệ hai điện tích điểm được trình bày trên Hình 3.3 và Hình 3.4.

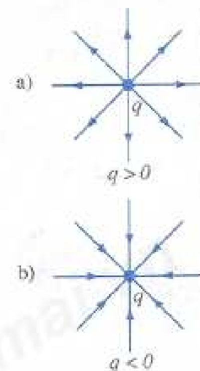
b) Các tính chất của đường sức điện

Các đường sức điện có một số tính chất sau đây :

• *Tại mỗi điểm trong điện trường, ta có thể vẽ được một đường sức điện đi qua và chỉ một mà thôi.*

• *Các đường sức điện là các đường cong không kín. Nó xuất phát từ các điện tích dương và tận cùng ở các điện tích âm.*

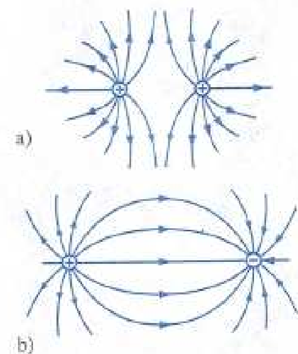
Trong trường hợp chỉ có một điện tích thì các đường sức xuất phát từ điện tích dương ra vô cực hoặc từ vô cực đến điện tích âm (Hình 3.3).



Hình 3.3 *Đường sức của một điện tích điểm.*

• *Các đường sức điện không bao giờ cắt nhau. (Vì nếu chúng cắt nhau, thì tại điểm cắt nhau sẽ có hai vectơ cường độ điện trường. Điều đó là vô lí).*

• *Nơi nào cường độ điện trường lớn hơn thì các đường sức điện ở đó được vẽ mau hơn (dày hơn), nơi nào cường độ điện trường nhỏ hơn thì các đường sức điện ở đó được vẽ thưa hơn. Chẳng hạn, trên các Hình 3.3 và 3.4, ở nơi gần điện tích, các đường sức điện mau hơn nơi xa điện tích.*



Hình 3.4 *Đường sức của hệ hai điện tích điểm.*

a) Hai điện tích dương.

b) Hai điện tích trái dấu.

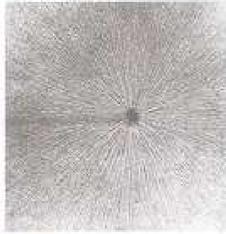
c) Điện phổ

Dùng một loại bột cách điện rắc vào dầu cách điện và khuấy đều. Sau đó đặt một quả cầu nhỏ nhiễm điện vào trong dầu. Gõ nhẹ vào khay dầu thì các hạt bột sẽ sắp xếp thành các "đường hạt bột". Ta gọi hệ các "đường hạt bột" đó là *điện phổ* của quả cầu nhiễm điện. Điện phổ cho phép ta hình dung dạng và sự phân bố các đường sức điện.

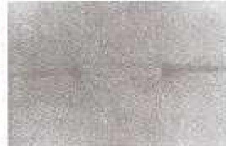
Đường sức điện vẽ trong các Hình 3.3, 3.4 tương ứng với các điện phổ ở hình 3.5 và 3.6.

Bài 3 (tiếp)

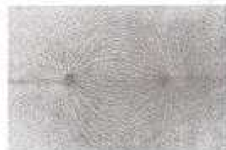
C2 Có thể coi các "đường hạt bột" của điện phổ là các đường sức được không ? Giải thích.



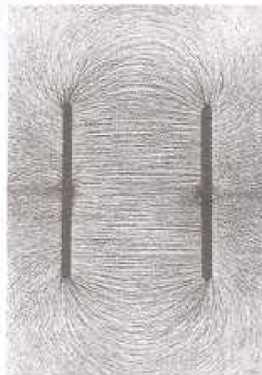
Hình 3.5 Điện phổ của một quả cầu nhiễm điện.



Hình 3.6a Điện phổ của hai quả cầu nhiễm điện cùng dấu.



Hình 3.6b Điện phổ của hai quả cầu nhiễm điện trái dấu.



Hình 3.7 Điện phổ của điện trường ở giữa hai tấm kim loại phẳng, rộng, song song, mang điện tích trái dấu, có độ lớn bằng nhau.

4. Điện trường đều

Một điện trường mà vectơ cường độ điện trường tại mọi điểm đều bằng nhau gọi là *điện trường đều*.

Theo tính chất của đường sức, ta suy ra các đường sức của điện trường đều là các đường thẳng song song và cách đều nhau.

Hình 3.7 cho biết điện phổ của hai tấm kim loại phẳng, rộng, song song, mang điện tích trái dấu, có độ lớn bằng nhau. Ở rìa của hai tấm kim loại, các "đường hạt bột" là các đường cong, còn ở giữa hai tấm, các "đường hạt bột" song song và cách đều nhau.

Dựa vào điện phổ ta có thể nói điện trường giữa hai tấm kim loại là *điện trường đều*. Đường sức của điện trường này được vẽ trên Hình 3.8.

5. Điện trường của một điện tích điểm

Hai điện tích điểm q, Q đặt cách nhau một khoảng r trong chân không thì lực Cu-lông tác dụng lên điện tích q được viết dưới dạng :

$$F = 9.10^9 \frac{|qQ|}{r^2}$$

Từ công thức (3.1) ta suy ra cường độ điện trường của điện tích điểm Q tại một điểm là :



Hình 3.8 Các đường sức ở giữa hai tấm kim loại phẳng, rộng, song song, mang điện tích trái dấu, có độ lớn bằng nhau. Các đường sức này song song với nhau và cách đều nhau.

Bài 3 (tiếp)

$$E = 9.10^9 \frac{|Q|}{r^2} \qquad (3.3)$$

r là khoảng cách từ điểm khảo sát đến điện tích Q.

Nếu $Q > 0$ thì cường độ điện trường hướng ra xa điện tích Q (Hình 3.9a), nếu $Q < 0$ thì cường độ điện trường hướng về phía điện tích Q (Hình 3.9b).

6. Nguyên lí chồng chất điện trường

Giả sử ta có hệ n điện tích điểm Q_1, Q_2... Q_n. Gọi cường độ điện trường của hệ ở một điểm nào đó là $\vec{E}$. Cường độ điện trường chỉ của điện tích Q_1 là $\vec{E}_1$, cường độ điện trường chỉ của điện tích Q_2 là $\vec{E}_2$, ..., cường độ điện trường chỉ của điện tích Q_n là $\vec{E}_n$ tại điểm đang xét. Khi đó ta có :

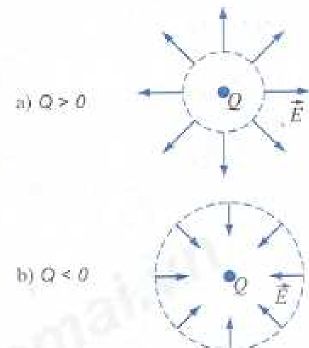
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + ... + \vec{E}_n \qquad (3.4)$$

Chú ý rằng, vế phải là tổng các vectơ $\vec{E}_1, \vec{E}_2,...$

C3 Có hai điện tích q_1, q_2 đặt tại hai điểm A, B. Hãy tìm những điểm mà tại đó hai vectơ cường độ điện trường của hai điện tích :

a) cùng phương, cùng chiều.

b) cùng phương, ngược chiều.



Hình 3.9 Chiều của vectơ cường độ điện trường của điện tích điểm phụ thuộc vào dấu của điện tích.

CÂU HỎI

1. Cường độ điện trường $\vec{E}$ luôn cùng phương và cùng chiều với lực $\vec{F}$ tác dụng lên một điện tích bất kì đặt trong điện trường đó. Điều đó đúng hay sai ? Giải thích.
2. Hãy nêu tính chất cơ bản của điện trường.
3. Có thể coi đường sức điện là quỹ đạo của một điện tích điểm chuyển động dưới tác dụng của điện trường được không ? Hãy giải thích.
4. Hãy nêu tính chất các đường sức điện và giải thích.

BÀI TẬP

1. Chọn phát biểu **sai**.
   A. Điện phổ cho phép ta nhận biết sự phân bố các đường sức của điện trường.
   B. Đường sức điện có thể là đường cong kín.
   C. Cũng có khi đường sức điện không xuất phát từ điện tích dương mà xuất phát từ vô cùng.
   D. Các đường sức của điện trường đều là các đường thẳng song song và cách đều nhau.

Bài 3 (tiếp)

2. Chọn phương án đúng.

Công thức xác định cường độ điện trường của điện tích điểm $Q < 0$ có dạng :

A. $E = 9.10^9 \dfrac{Q}{r^2}$.   B. $E = -9.10^9 \dfrac{Q}{r^2}$.

C. $E = 9.10^9 \dfrac{Q}{r}$.   D. $E = -9.10^9 \dfrac{Q}{r}$.

3. Một điện tích thử đặt tại điểm có cường độ điện trường 0,16 V/m. Lực tác dụng lên điện tích đó bằng 2.10^{-4} N. Hỏi độ lớn của điện tích đó là bao nhiêu ?

4. Có một điện tích $Q = 5.10^{-9}$ C đặt tại điểm *A* trong chân không. Xác định cường độ điện trường tại điểm *B* cách *A* một khoảng 10 cm.

5. Có hai điện tích q_1, q_2 đặt cách nhau 10 cm trong chân không. Điện tích $q_1 = 5.10^{-9}$ C, điện tích $q_2 = -5.10^{-9}$ C. Xác định cường độ điện trường tại điểm *M* nằm trên đường thẳng đi qua hai điện tích đó và :

a) cách đều hai điện tích ;

b) cách q_1 một khoảng 5 cm và cách q_2 một khoảng 15 cm.

6. Hai điện tích $q_1 = q_2 = 5.10^{-16}$ C được đặt cố định tại hai đỉnh *B*, *C* của một tam giác đều cạnh là 8 cm. Các điện tích đặt trong không khí.

a) Xác định cường độ điện trường tại đỉnh *A* của tam giác nói trên.

b) Câu trả lời sẽ thay đổi thế nào nếu $q_1 = 5.10^{-16}$ C, $q_2 = -5.10^{-16}$ C ?

7. Ba điện tích *q* giống nhau được đặt cố định tại ba đỉnh của một tam giác đều cạnh *a*. Xác định cường độ điện trường tại tâm của tam giác.

Em có biết ?

TƯƠNG TÁC GẦN VÀ TƯƠNG TÁC XA

Tương tác giữa hai vật không tiếp xúc với nhau được thực hiện bằng cách nào ? Có hai cách giải đáp câu hỏi đó. Cách giải đáp thứ nhất cho rằng hai vật không tiếp xúc với nhau vẫn có thể tương tác với nhau. Quan điểm này gọi là *quan điểm tương tác xa*. Định luật vạn vật hấp dẫn và định luật Cu-lông thể hiện quan điểm đó.

Cách giải đáp thứ hai cho rằng có tương tác hấp dẫn giữa hai vật không tiếp xúc với nhau là vì vật này được đặt trong trường hấp dẫn của vật kia, lực hấp dẫn tác dụng lên vật *B* là do trường hấp dẫn của vật *A* tại điểm đặt vật *B* gây ra. Tương tự như vậy, nếu có hai điện tích *A* và *B*, thì có lực điện tác dụng lên điện tích *B* là vì *B* được đặt trong điện trường của điện tích *A*. Điện trường của điện tích *A* là thực thể vật lí truyền lực điện từ điện tích *A* đến điện tích *B*. Quan điểm này gọi là *quan điểm tương tác gần*. Theo quan điểm tương tác xa thì tốc độ truyền tương tác là vô hạn. Điều đó trái với thực tế. Còn theo quan điểm tương tác gần thì tốc độ truyền tương tác là hữu hạn. Nhiều sự kiện thực nghiệm đã chứng tỏ quan điểm tương tác gần là phù hợp với thực tế.

Bài 4. Công của lực điện. Hiệu điện thế

4 CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN HIỆU ĐIỆN THẾ

Công của trọng lực được biểu diễn qua hiệu thế năng hấp dẫn. Còn công của lực điện có thể được biểu diễn qua đại lượng nào ?

1. Công của lực điện

Ta xét công của lực điện tác dụng lên một điện tích q chuyển động từ M đến N trong điện trường đều, chẳng hạn điện trường giữa hai tấm kim loại rộng, song song, mang điện tích trái dấu có độ lớn bằng nhau.

Giả sử $q > 0$ và đường đi của điện tích q là đoạn đường cong MN (Hình 4.1).

Để tính công của lực điện trên đoạn đường cong MN, ta chia MN thành nhiều đoạn nhỏ, công của lực điện tác dụng lên q bằng tổng các công trên các đoạn nhỏ đó.

Vì $q > 0$ nên lực điện tác dụng lên q có chiều hướng từ tấm mang điện tích dương sang tấm mang điện tích âm. Coi rằng đoạn đường cong MN được chia thành nhiều đoạn nhỏ sao cho mỗi đoạn nhỏ đó có thể coi là đoạn thẳng. Khi đó công thức tính công trên một đoạn nhỏ nào đó, chẳng hạn đoạn PQ, là :

$$\Delta A_{PQ} = qE.PQ.\cos\alpha = qE.\overline{P'Q'}$$

ở đây $\overline{P'Q'}$ là hình chiếu của PQ lên trục Ox ; quy ước vẽ trục Ox có chiều trùng với chiều của đường sức.

Công trên toàn đoạn MN bằng :

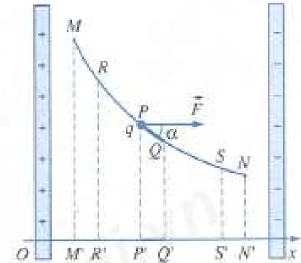
$$A_{MN} = \sum \Delta A$$

$$= qE(\overline{M'R'} + ... + \overline{P'Q'} + ... + \overline{S'N'})$$

$$= qE.\overline{M'N'}$$

Kết quả trên đây được rút ra từ giả thiết $q > 0$. Tuy nhiên, nếu $q < 0$ ta cũng rút ra được công thức như trên. Do đó có thể viết :

$$A_{MN} = qE.\overline{M'N'} \qquad (4.1)$$



Hình 4.1

Trong *Cơ học* ta cũng đã rút ra kết luận là, công của lực hấp dẫn không phụ thuộc vào dạng đường đi của vật mà chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối của đường đi.

C1 Vì sao người ta nói trường hấp dẫn và điện trường đều là những trường thế ?

C2 Chứng tỏ rằng (4.1) cũng đúng cả trong trường hợp $q < 0$.

Bài 4 (tiếp)

M', N' là hình chiếu của hai điểm M, N lên trục Ox ; $\overline{M'N'}$ là độ dài đại số của đoạn $M'N'$; còn q có dấu tuỳ ý.

Từ (4.1) ta có nhận xét là, công của lực điện tác dụng lên điện tích q không phụ thuộc vào dạng của đoạn đường đi MN mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của hai điểm M, N tức là của điểm đầu và điểm cuối của đường đi.

Người ta đã chứng minh rằng nhận xét trên đây cũng đúng cả trong trường hợp điện trường không đều.

Công của lực điện tác dụng lên một điện tích không phụ thuộc dạng đường đi của điện tích mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường đi trong điện trường.

Do đó, người ta nói ***điện trường tĩnh là một trường thế*** (tương tự như trường hấp dẫn).

2. Khái niệm hiệu điện thế

a) Công của lực điện và hiệu thế năng của điện tích

Công của trọng lực và công của lực điện cùng có một đặc tính quan trọng là những công này không phụ thuộc dạng đường đi của vật mà chỉ phụ thuộc vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường đi.

Ta đã biết, công của trọng lực được biểu diễn qua hiệu thế năng tại vị trí đầu và cuối đường đi của vật đó (Bài 35, SGK *Vật lí 10 nâng cao*).

Ở đây, ta cũng coi một điện tích q ở trong điện trường thì có thế năng, và công của lực điện khi điện tích q di chuyển từ điểm M đến điểm N cũng được biểu diễn qua hiệu của các thế năng của điện tích q tại hai điểm đó :

$$A_{MN} = W_M - W_N$$

b) Hiệu điện thế, điện thế

Hiệu thế năng của vật trong trọng trường tỉ lệ với khối lượng m của vật. Ở đây, ta cũng coi hiệu thế năng của điện tích q trong điện trường tỉ lệ với điện tích q, nghĩa là có thể biểu diễn A_{MN} dưới dạng sau :

$$A_{MN} = q(V_M - V_N) \quad (4.2)$$

$(V_M - V_N)$ được gọi là *hiệu điện thế* (hay điện áp) giữa hai điểm M, N và kí hiệu là U_{MN}.

Từ (4.2) rút ra công thức sau đây được coi là công thức định nghĩa hiệu điện thế :

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q} \quad (4.3)$$

Hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường là đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của điện trường khi có một điện tích di chuyển giữa hai điểm đó.

Các đại lượng V_M, V_N được gọi là điện thế của điện trường tại điểm M, N tương ứng. Chú ý rằng (4.3) cho phép ta xác định hiệu điện thế nhưng không xác định điện thế. Điện thế của điện trường phụ thuộc vào cách chọn mốc tính điện thế. Thường người ta chọn điện thế ở mặt đất làm mốc (nghĩa là coi điện thế ở mặt đất bằng 0). Cũng có khi người ta chọn điện thế ở xa vô cực làm mốc. Vì vậy, khi nói tới điện thế tại một điểm A nào đó thì thực chất đó là hiệu điện thế $V_A - V_B$, trong đó V_B là điện thế được chọn làm mốc nghĩa là $V_B = 0$.

Trong hệ SI, đơn vị điện thế và hiệu điện thế là vôn kí hiệu là V. Từ công thức (4.2) suy ra, nếu $U_{MN} = 1$ V, $q = 1$ C thì $A_{MN} = 1$ J. Vậy vôn là hiệu điện thế giữa hai điểm M, N mà khi một điện tích dương 1 C di chuyển từ điểm M đến điểm N thì lực điện sẽ thực hiện một công dương là 1 J.

Để đo hiệu điện thế giữa hai vật, người ta dùng *tĩnh điện kế* (Hình 4.2).

Trong kĩ thuật, hiệu điện thế gọi là điện áp.

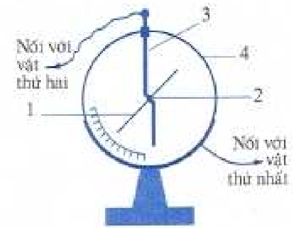
3. Liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế

So sánh hai công thức (4.1) và (4.2) ta rút ra :

$$E = \frac{U_{MN}}{M'N'} \quad (4.4)$$

Đó là công thức biểu thị mối liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế đối với điện trường đều. Các điểm M, N, M', N' được chỉ rõ trên

C3 Hiệu điện thế giữa hai điểm có phụ thuộc việc chọn mốc tính điện thế không ? Giải thích.



Hình 4.2 Tĩnh điện kế.

1. Kim của tĩnh điện kế ; 2. Trục quay của kim ; 3. Thanh kim loại, gọi là cần của tĩnh điện kế ; 4. Vỏ tĩnh điện kế bằng kim loại.

Muốn đo hiệu điện thế giữa hai vật ta nối một vật với cần của tĩnh điện kế, vật kia với vỏ. Độ lệch của kim cho biết hiệu điện thế giữa hai vật đó.

C4 Muốn đo điện thế của vật A ta nối A với cần tĩnh điện kế, vỏ tĩnh điện kế nối với đất. Vậy nối vỏ tĩnh điện kế với đất có ý nghĩa gì ?

Bài 4 (tiếp)

C5 Dựa vào công thức (4.4) hãy chứng minh rằng điện thế giảm theo chiều của đường sức.

Hướng dẫn

Vẽ trục *Ox* trùng với một đường sức bất kì như trên Hình 4.3 và áp dụng công thức (4.3) đối với hai điểm *M*, *N* gần nhau trên trục *Ox*.



Hình 4.3

Hình 4.1. Từ (4.4) ta hiểu tại sao đơn vị cường độ điện trường là vôn trên mét.

Trong trường hợp không cần để ý đến dấu của các đại lượng thì ta có thể viết :

$$E = \frac{U}{d} \quad (4.5)$$

d là khoảng cách giữa hai điểm *M'*, *N'*.

CÂU HỎI

1. Hãy giải thích bằng hình vẽ đại lượng $\overline{M'N'}$ trong công thức (4.1).
2. Hãy viết công thức tính công của lực điện khi một điện tích di chuyển từ điểm *M* đến điểm *N* trong điện trường. Có gì đáng chú ý trong công thức vừa viết ?
3. Hãy tìm mối liên hệ giữa U_{MN} và U_{NM}.
4. Hãy viết công thức định nghĩa hiệu điện thế.
5. Hãy viết công thức liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế trong trường hợp điện trường đều.

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

   Một điện tích *q* chuyển động trong điện trường (đều hay không đều) theo một đường cong kín. Gọi công của lực điện trong chuyển động đó là *A* thì

   A. $A > 0$ nếu $q > 0$.
   B. $A > 0$ nếu $q < 0$.
   C. $A \neq 0$ nếu điện trường không đều.
   D. $A = 0$.

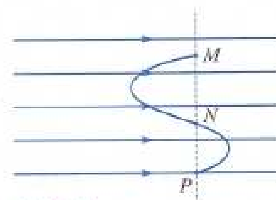
2. Chọn phương án đúng.

   Cho ba điểm *M*, *N*, *P* trong một điện trường đều. $MN = 1$ cm ; $NP = 3$ cm ; $U_{MN} = 1$ V ; $U_{MP} = 2$ V. Gọi cường độ điện trường tại *M*, *N*, *P* là E_M, E_N, E_P.

   A. $E_N > E_M$. B. $E_P = 2E_N$. C. $E_P = 3E_N$. D. $E_P = E_N$.

Bài 4 (tiếp)

3. Một điện tích q chuyển động từ điểm M đến điểm N, từ điểm N đến điểm P như trên Hình 4.4 thì công của lực điện trong mỗi trường hợp bằng bao nhiêu ? Giải thích.



Hình 4.4

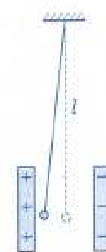
4. Hai tấm kim loại phẳng rộng đặt song song, cách nhau 2 cm, được nhiễm điện trái dấu nhau và có độ lớn bằng nhau. Muốn điện tích $q = 5.10^{-10}$ C di chuyển từ tấm này đến tấm kia cần tốn một công $A = 2.10^{-9}$ J. Hãy xác định cường độ điện trường bên trong hai tấm kim loại đó. Cho biết điện trường bên trong hai tấm kim loại đã cho là điện trường đều và có đường sức vuông góc với các tấm.

5. Một êlectron chuyển động dọc theo đường sức của một điện trường đều. Cường độ điện trường $E = 100$ V/m. Vận tốc ban đầu của êlectron bằng 300 km/s. Hỏi êlectron chuyển động được quãng đường dài bao nhiêu thì vận tốc của nó bằng không ? Cho biết khối lượng êlectron $m = 9,1.10^{-31}$ kg.

6. Hiệu điện thế giữa hai điểm M, N là $U_{MN} = 1$ V. Một điện tích $q = -1$ C di chuyển từ M đến N thì công của lực điện bằng bao nhiêu ? Giải thích ý nghĩa của kết quả tính được.

7. Một quả cầu nhỏ khối lượng $3,06.10^{-15}$ kg nằm lơ lửng giữa hai tấm kim loại song song nằm ngang và nhiễm điện trái dấu. Điện tích của quả cầu đó bằng $4,8.10^{-18}$ C. Hai tấm kim loại cách nhau 2 cm. Hãy tính hiệu điện thế đặt vào hai tấm đó. Lấy $g = 10$ m/s^2.

8. Một quả cầu khối lượng $4,5.10^{-3}$ kg treo vào một sợi dây dài 1 m. Quả cầu nằm giữa hai tấm kim loại song song, thẳng đứng như Hình 4.5. Hai tấm cách nhau 4 cm. Đặt một hiệu điện thế 750 V vào hai tấm đó thì quả cầu lệch ra khỏi vị trí ban đầu 1 cm. Tính điện tích của quả cầu. Lấy $g = 10$ m/s^2.



Hình 4.5

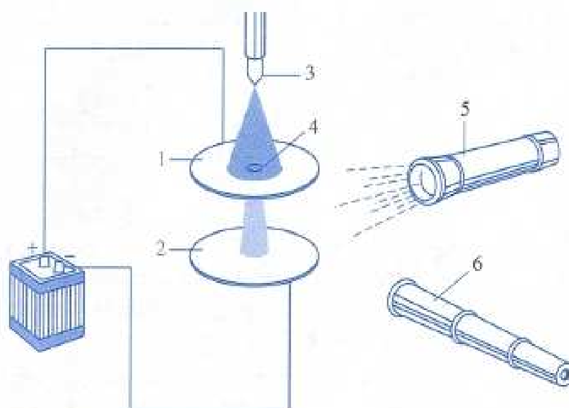
Em có biết ?

THÍ NGHIỆM MI-LI-KAN

Thí nghiệm Mi-li-kan (Robert Andrews Millikan, 1868 – 1953, nhà vật lí người Mĩ, giải Nô-ben năm 1925) nhằm xác định điện tích nhỏ nhất trong tự nhiên.

Sơ đồ thí nghiệm Mi-li-kan được trình bày trên Hình 4.6. Trong hình đó 1 và 2 là hai tấm kim loại đường kính khoảng 20 cm. Hai tấm được đặt nằm ngang và cách nhau chừng 2 cm. Dùng máy phun, phun vào lỗ nhỏ ở tấm kim loại 1 những hạt dầu có kích thước rất nhỏ (vào cỡ 1 μm). Do cọ xát với miệng vòi phun mà một số hạt dầu được nhiễm điện. Qua lỗ nhỏ có một số hạt dầu rơi vào bên trong khoảng không gian giữa hai tấm kim loại. Dùng kính quan sát các hạt đó trong khoảng thời gian chừng vài ba giờ.

Bài 4 (tiếp)



Hình 4.6 Sơ đồ thí nghiệm Mi-li-kan.
1, 2. Hai tấm kim loại ; 3. Máy phun ; 4. Lỗ nhỏ ; 5. Đèn chiếu sáng ; 6. Kính quan sát.

Đầu tiên, khi hai tấm 1 và 2 chưa nối với nguồn, ta thấy những hạt dầu rơi xuống với tốc độ lớn dần. Sau đó tốc độ rơi của chúng không đổi. Đó là lúc lực ma sát cân bằng với lực hấp dẫn. Ở đây lực ma sát tỉ lệ với tốc độ rơi của hạt. Kí hiệu tốc độ không đổi này là v thì $f_{ms} = kv$. Ta có hệ thức sau :

$$mg = f_{ms} = kv$$

(k là một hệ số tỉ lệ)

Bây giờ nối tấm 1 với cực dương và tấm 2 với cực âm của một nguồn điện. Khi đó có một số hạt không rơi xuống mà lại chuyển động từ dưới lên trên, đó là những hạt nhiễm điện âm. Khi những hạt này đạt đến tốc độ không đổi v_1, ta có thể viết công thức sau :

$$q\frac{U}{d} = mg + kv_1 \qquad (1)$$

trong đó q là điện tích của hạt dầu, U là hiệu điện thế giữa hai tấm kim loại, d là khoảng cách giữa hai tấm đó.

Ion hoá không khí trong khoảng không gian giữa hai tấm kim loại (bằng tia X, tia phóng xạ,...) thì có một số hạt thay đổi tốc độ đột ngột do chúng nhận thêm hạt mang điện từ không khí. Khi những hạt nhận thêm điện tích này đạt đến tốc độ không đổi v_2, ta có thể viết hệ thức sau :

$$(q + q_n)\frac{U}{d} = mg + kv_2 \qquad (2)$$

ở đây q_n là điện tích mà hạt dầu nhận thêm được.

Từ (1) và (2) ta rút ra :

$$\frac{U}{d}q_n = k(v_2 - v_1)$$

d và U là những đại lượng có thể đo được, v_2 và v_1 có thể xác định được bằng kính quan sát. Còn k phải xác định bằng những phương pháp riêng xuất phát từ hệ thức $mg = kv$ (ở đây không nói đến). Từ đó ta tìm được q_n.

Trong khoảng thời gian từ 1909 đến 1913, Mi-li-kan và các cộng sự của ông đã đo điện tích của chừng vài nghìn hạt. Ông nhận thấy rằng không có hạt nào có điện tích nhỏ hơn $1,6.10^{-19}$ C và điện tích của các hạt đều bằng một số nguyên lần $1,6.10^{-19}$ C. Từ đó ông rút ra kết luận rằng, trong tự nhiên tồn tại điện tích nguyên tố ($1,6.10^{-19}$ C).

Bài 5. Bài tập về lực Cu-lông và điện trường

5 BÀI TẬP VỀ LỰC CU-LÔNG VÀ ĐIỆN TRƯỜNG

1. Cho hai điện tích dương $q_1 = 2$ nC và $q_2 = 0{,}018$ μC đặt cố định trong không khí và cách nhau 10 cm. Đặt thêm một điện tích thứ ba q_0 tại một điểm trên đường thẳng nối hai điện tích q_1, q_2 sao cho q_0 nằm cân bằng. Hãy tìm :

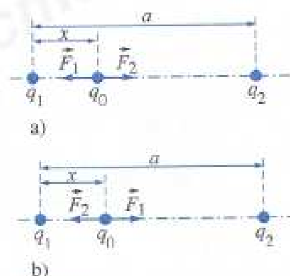
a) Vị trí đặt q_0.

b) Dấu và độ lớn của q_0.

Bài giải

a) Giả sử q_1 và q_2 được đặt như trên Hình 5.1. Ta nhận thấy để q_0 nằm cân bằng thì q_0 phải nằm bên trong hai điện tích q_1, q_2. Gọi khoảng cách giữa q_0 và q_1 là x, giữa q_1 và q_2 là a. Gọi độ lớn của lực Cu-lông mà q_1, q_2 tác dụng lên q_0 là F_1, F_2 tương ứng, ta có :

- Nếu $q_0 < 0$, $F_1 = k\dfrac{q_1|q_0|}{x^2}$, $F_2 = k\dfrac{q_2|q_0|}{(a-x)^2}$
- Nếu $q_0 > 0$, $F_1 = k\dfrac{q_1 q_0}{x^2}$, $F_2 = k\dfrac{q_2 q_0}{(a-x)^2}$



Hình 5.1
a) $q_0 < 0$.
b) $q_0 > 0$.

Muốn q_0 nằm cân bằng thì $F_1 = F_2$. Trong cả hai trường hợp đều có thể rút ra :

$$\frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(a-x)^2}$$

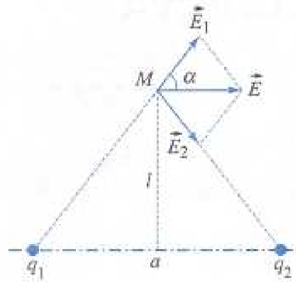
$$q_1(a-x)^2 = q_2x^2$$

Thay số ta có $2.10^{-9}(10-x)^2 = 0{,}018.10^{-6}\,x^2$.
Giải ra ta được $x = 2{,}5$ cm.

b) Kết quả tìm được trên đây không phụ thuộc vào dấu và độ lớn của điện tích q_0. Vì vậy, dấu và độ lớn của q_0 là tuỳ ý. Tuy nhiên, ta có thể thấy tính cân bằng của q_0 trong hai trường hợp $q_0 > 0$ và $q_0 < 0$ là khác nhau.

2. Có hai điện tích điểm $q_1 = 0{,}5$ nC và $q_2 = -0{,}5$ nC đặt cách nhau một đoạn $a = 6$ cm trong không khí. Hãy xác định cường độ điện trường $\vec{E}$ tại điểm M cách đều hai điện tích q_1, q_2 và cách đường thẳng nối q_1, q_2 một đoạn $l = 4$ cm.

Bài 5 (tiếp)



Hình 5.2

Bài giải

Gọi cường độ điện trường do điện tích q_1, q_2 gây ra tại M là $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$. Vì độ lớn của hai điện tích q_1, q_2 bằng nhau và điểm M cách đều hai điện tích đó nên $E_1 = E_2$. Các vectơ $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$ được vẽ trên Hình 5.2.

Theo công thức xác định cường độ điện trường của một điện tích điểm, ta có :

$$E_1 = E_2 = 9.10^9 \frac{q_1}{r^2}$$

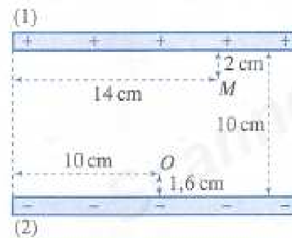
$$r^2 = l^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2$$

Ta có $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. Vì $E_1 = E_2$ nên vectơ $\vec{E}$ song song với đường thẳng nối q_1, q_2 và có chiều như Hình 5.2. Từ Hình 5.2, ta suy ra : $E = 2E_1\cos\alpha$,

trong đó : $$\cos\alpha = \frac{a}{2\sqrt{l^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}}$$

Do đó : $$E = 8.9.10^9 \frac{q_1 a}{(4l^2 + a^2)^{3/2}}$$

Thay số, ta có $E = 2\ 160$ V/m.



Hình 5.3

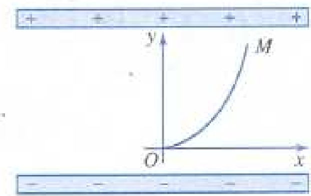
3. Có hai tấm kim loại (1), (2) rộng, nằm ngang song song với nhau và cách nhau d = 10 cm (Hình 5.3). Tấm (1) mang điện dương, tấm (2) mang điện âm, điện tích trên hai tấm có độ lớn bằng nhau. Bên trong hai tấm kim loại có một hạt bụi khối lượng $m = 2.10^{-9}$ g mang điện tích q = –0,06 pC bị vướng ở điểm O (nằm yên tại O). O cách tấm kim loại (2) 1,6 cm và cách mép trái hai tấm kim loại 10 cm. Lúc t = 0, ta truyền cho hạt bụi một vận tốc v = 25 cm/s theo phương ngang. Sau đó ít lâu hạt bụi đi đến M, M cách tấm kim loại (1) 2 cm và cách mép trái hai tấm kim loại 14 cm.

Bài 5 (tiếp)

a) Hỏi hiệu điện thế giữa hai tấm kim loại bằng bao nhiêu ?

b) Tính công của lực điện trong di chuyển nói trên của hạt bụi.

Coi rằng quỹ đạo của hạt bụi nằm trong mặt phẳng hình vẽ. Điện trường bên trong hai tấm kim loại là điện trường đều. Lấy $g = 10$ m/s^2.



Hình 5.4

Bài giải

a) Trọng lượng của hạt bụi $P = mg$.

Lực điện tác dụng lên hạt bụi : $F_d = |q|\dfrac{U}{d}$

Lực tổng hợp tác dụng lên hạt bụi :

$$F = F_d - P = |q|\frac{U}{d} - mg$$

Gia tốc của hạt theo phương vuông góc với hai tấm kim loại :

$$a = \frac{F}{m} = |q|\frac{U}{md} - g$$

Quỹ đạo của hạt bụi là một đoạn parabol (Hình 5.4).

$$y = \frac{a}{2}\left(\frac{x}{v}\right)^2$$

Suy ra : $a = \dfrac{2yv^2}{x^2}$

Vậy : $|q|\dfrac{U}{md} - g = \dfrac{2yv^2}{x^2}$

$$U = \frac{md}{|q|}\left(\frac{2yv^2}{x^2} + g\right)$$

Thay số ta có : $U = 50$ V

b) Ta có thể viết : $\dfrac{U_{OM}}{d - 3,6.10^{-2}} = -\dfrac{U}{d}$

Từ đó tính được : $U_{OM} = -32$ V

Áp dụng công thức $A_{OM} = qU_{OM}$, ta được :

$$A_{OM} = 1,92.10^{-12} \text{ J}$$

Bài 6. Vật dẫn và điện môi trong điện trường

6 VẬT DẪN VÀ ĐIỆN MÔI TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

Bài này sẽ khảo sát những tính chất của vật dẫn và điện môi khi chúng được đặt trong điện trường. Chú ý rằng một vật dẫn tích điện cũng có thể coi là vật dẫn đặt trong điện trường.

1. Vật dẫn trong điện trường

a) Trạng thái cân bằng điện

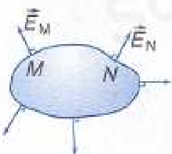
Một vật dẫn có thể được tích điện bằng hưởng ứng, bằng cọ xát hay bằng tiếp xúc.

Dù được tích điện bằng cách nào thì lúc đầu của quá trình tích điện cũng có sự di chuyển các điện tích tự do và tạo thành dòng điện trong vật dẫn. Tuy nhiên, dòng điện chỉ tồn tại trong khoảng thời gian rất ngắn. Khi trong vật dẫn không còn dòng điện nữa, người ta nói vật dẫn cân bằng tĩnh điện, hay cũng nói tắt là cân bằng điện.

Sau này, khi nói vật dẫn trong điện trường, ta hiểu ngầm rằng chỉ nói đến trường hợp vật dẫn cân bằng điện trong điện trường.

b) Điện trường trong vật dẫn tích điện

Thí nghiệm chứng tỏ rằng ***bên trong vật dẫn, điện trường bằng không.*** Điều đó cũng dễ hiểu, vì trong vật dẫn đã có sẵn các điện tích tự do nên nếu điện trường khác không thì nó sẽ tác dụng lực lên các điện tích tự do và gây ra dòng điện. Điều này trái với giả thiết là vật ở trạng thái cân bằng điện.



Hình 6.1 Trên mặt vật dẫn, vectơ cường độ điện trường vuông góc với mặt vật.

C1 Nếu trong phần rỗng của vật dẫn có một điện tích, thì điện trường trong phần rỗng đó bằng bao nhiêu ?

Trong phần rỗng của vật dẫn, điện trường cũng bằng không nếu ở phần này không có điện tích.

Điện trường bên trong vật dẫn rỗng bằng không nên người ta dùng các vật dẫn rỗng làm các *màn chắn điện*. Để các dụng cụ hay các máy móc chính xác không bị ảnh hưởng bởi điện trường ngoài, người ta đặt chúng trong những chiếc hộp kim loại.

Cường độ điện trường tại một điểm trên mặt ngoài vật dẫn vuông góc với mặt vật (Hình 6.1). Vì nếu cường độ điện trường không vuông góc với mặt vật dẫn thì sẽ có một thành phần tiếp tuyến với mặt vật. Thành phần này tác dụng lực lên các điện tích tự do và gây ra dòng điện trên mặt vật.

c) Điện thế của vật dẫn tích điện

• Điện thế trên mặt ngoài vật dẫn.

Bài 6 (tiếp)

Thí nghiệm

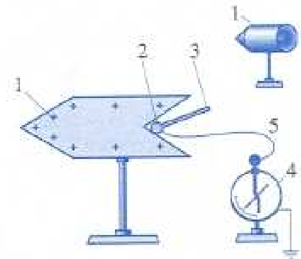
Sơ đồ của thí nghiệm như trên Hình 6.2.

Thí nghiệm chứng tỏ ***điện thế tại mọi điểm trên mặt ngoài vật dẫn có giá trị bằng nhau.***

• Điện thế bên trong vật dẫn.

Vì điện trường trong vật dẫn bằng không, nên từ mối liên hệ giữa E và U có thể suy ra rằng điện thế tại mọi điểm bên trong vật dẫn phải bằng nhau và bằng điện thế trên mặt ngoài của vật.

Vậy vật dẫn là *vật đẳng thế.*



Hình 6.2 *Thí nghiệm về điện thế ở mặt ngoài của vật dẫn.*

1. Vật dẫn nhiễm điện ; 2. Quả cầu thử bằng kim loại ; 3. Tay cầm bằng nhựa ; 4. Tĩnh điện kế ; 5. Dây nối quả cầu và tĩnh điện kế.

Nối núm kim loại của cần tĩnh điện kế với quả cầu thử. Di chuyển quả cầu thử đến nhiều điểm khác nhau trên mặt vật nhiễm điện. Tại mọi điểm (kể cả những điểm ở phần lõm của vật) góc lệch của kim tĩnh điện kế đều như nhau.

d) Sự phân bố điện tích ở vật dẫn tích điện

• Sự phân bố điện tích ở mặt ngoài của vật dẫn.

Thí nghiệm

Sơ đồ thí nghiệm như ở Hình 6.3.

Thí nghiệm chứng tỏ, ***ở một vật dẫn rỗng nhiễm điện, thì điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài của vật.***

Với vật dẫn đặc, điện tích cũng chỉ phân bố ở mặt ngoài của vật.

• Sự phân bố điện tích trên vật trong trường hợp mà mặt ngoài có chỗ lồi, chỗ lõm.

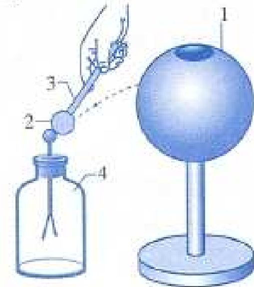
Thí nghiệm

Sơ đồ thí nghiệm như ở Hình 6.4.

Từ thí nghiệm ta rút ra kết luận : ***Ở những chỗ lồi của mặt vật dẫn, điện tích tập trung nhiều hơn ; ở những chỗ mũi nhọn điện tích tập trung nhiều nhất ; ở chỗ lõm hầu như không có điện tích.***

Điện tích phân bố trên mặt ngoài của vật dẫn không đều, nên cường độ điện trường ở gần mặt ngoài của vật cũng khác nhau. Nơi nào điện tích tập trung nhiều hơn, điện trường ở đó mạnh hơn, đặc biệt ở gần các mũi nhọn điện trường rất mạnh.

Nếu mũi nhọn đặt trong không khí, thì một số hạt mang điện có sẵn trong không khí ở gần mũi



Hình 6.3 *Thí nghiệm về sự phân bố điện tích ở mặt ngoài vật dẫn.*

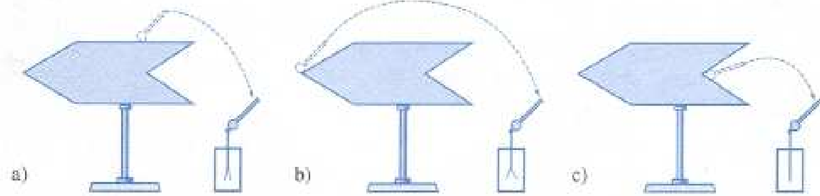
1. Quả cầu kim loại nhiễm điện ;
2. Quả cầu thử bằng kim loại ;
3. Tay cầm bằng nhựa ;
4. Điện nghiệm.

Cho quả cầu thử tiếp xúc với mặt ngoài quả cầu kim loại 1. Sau đó đưa quả cầu thử chạm vào núm kim loại của điện nghiệm, ta thấy hai lá kim loại xoè ra. Nhưng nếu cho quả cầu thử tiếp xúc với mặt trong của quả cầu 1 thì hai lá kim loại không xoè ra.

Bài 6 (tiếp)

C2 Tại sao ở thí nghiệm Hình 6.2 ta cần nối quả cầu thử với núm kim loại của tĩnh điện kế còn thí nghiệm ở Hình 6.3 thì không nối quả cầu thử với núm kim loại của điện nghiệm ?

nhọn được tăng tốc và làm cho không khí ở đó bị ion hoá. Các hạt mang điện trái dấu với điện tích của mũi nhọn bị hút vào mũi nhọn làm cho điện tích của mũi nhọn giảm nhanh. Điều này được áp dụng trong cột chống sét.



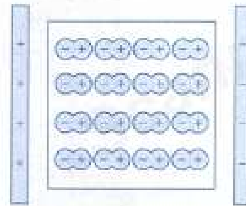
Cho quả cầu thử chạm với mặt vật dẫn nhiễm điện. Sau đó đưa quả cầu đến chạm với núm kim loại của điện nghiệm. Cứ sau mỗi lần thử như trên, ta khử điện tích ở quả cầu và ở điện nghiệm rồi mới làm phép thử tiếp theo. Quả cầu thử có kích thước nhỏ để cho sau mỗi lần thử, điện tích của vật nhiễm điện thay đổi không đáng kể. Góc xoè của hai lá điện nghiệm ở Hình 6.4b lớn nhất. Ở Hình 6.4c hai lá kim loại hầu như không xoè ra.

Hình 6.4 Thí nghiệm về sự phân bố điện tích ở vật dẫn trong trường hợp mặt ngoài có chỗ lồi, chỗ lõm.

2. Điện môi trong điện trường

Khi đặt một vật điện môi trong điện trường thì hạt nhân và êlectron trong các nguyên tử của vật đó chịu tác dụng lực của điện trường. Các êlectron xê dịch ngược chiều điện trường. Còn hạt nhân thì hầu như không xê dịch. Kết quả là mỗi nguyên tử như được kéo dãn ra một chút và chia thành hai đầu mang điện tích trái dấu nhau. Người ta nói *điện môi bị phân cực*.

Khi mẩu điện môi được đặt trong điện trường đều, chẳng hạn đặt trong điện trường bên trong hai tấm kim loại phẳng rộng, song song tích điện trái dấu và bằng nhau, thì do sự phân cực mà các mặt ngoài của điện môi trở thành các mặt nhiễm điện như trên Hình 6.5.



Hình 6.5 Sự phân cực của điện môi.

Mặt bên trái của mẩu điện môi nhiễm điện âm, mặt bên phải nhiễm điện dương.

Các mặt nhiễm điện của điện môi làm xuất hiện điện trường phụ. Điện trường phụ ngược chiều với điện trường ngoài làm cho điện trường bên trong điện môi giảm. Điện trường giảm kéo theo lực điện tác dụng lên điện tích trong điện môi cũng giảm. Đó là điều ta đã nói đến ở Bài 1.

Bài 6 (tiếp)

CÂU HỎI

1. Dựa trên căn cứ nào, ta suy đoán rằng cường độ điện trường ở mặt ngoài vật dẫn vuông góc với mặt vật ?
2. Giả sử người ta làm cho một số êlectron tự do từ một miếng sắt vốn là trung hoà điện di chuyển sang một vật khác. Hỏi khi đó mặt ngoài của miếng sắt là mặt nhiễm điện hay mặt trung hoà điện ?
3. Hãy giải thích vì sao khi đưa một vật nhiễm điện dương lại gần một quả cầu bấc (điện môi) thì quả cầu bấc bị hút về phía vật nhiễm điện dương ? Nếu đưa lại gần quả cầu bấc một vật nhiễm điện âm thì quả cầu bấc bị hút về phía vật nhiễm điện âm hay bị đẩy ra xa vật đó ?

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

   Một quả cầu nhôm rỗng được nhiễm điện thì điện tích của quả cầu

   A. chỉ phân bố ở mặt trong của quả cầu.

   B. chỉ phân bố ở mặt ngoài của quả cầu.

   C. phân bố cả ở mặt trong và mặt ngoài của quả cầu.

   D. phân bố ở mặt trong nếu quả cầu nhiễm điện âm, ở mặt ngoài nếu quả cầu nhiễm điện dương.

2. Trong các phát biểu sau, phát biểu nào **đúng**, **sai** ?

	Đúng	Sai
A. Một quả cầu kim loại nhiễm điện dương thì điện thế ở một điểm trên mặt quả cầu lớn hơn điện thế ở tâm quả cầu.	☐	☐
B. Một quả cầu bằng đồng nhiễm điện âm thì cường độ điện trường tại điểm bất kì bên trong quả cầu có chiều hướng về tâm quả cầu.	☐	☐
C. Cường độ điện trường tại một điểm bên ngoài vật nhiễm điện có phương vuông góc với mặt vật đó.	☐	☐
D. Điện tích ở mặt ngoài của một quả cầu kim loại nhiễm điện được phân bố như nhau ở mọi điểm.	☐	☐

Em có biết ?

Theo định luật Cu-lông thì lực tương tác giữa hai điện tích điểm tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Điều này trùng hợp một cách kì lạ với định luật vạn vật hấp dẫn của Niu-tơn. Vì vậy, từ lâu nhiều nhà vật lí đã tìm cách kiểm chứng định luật Cu-lông về sự tỉ lệ nghịch của lực với bình phương khoảng cách $\left(F \sim \frac{1}{r^2}\right)$ chính xác đến mức nào. Bằng lí thuyết người ta chứng minh rằng, nếu định luật Cu-lông đúng thì điện tích mà ta tích cho vật phải phân bố ở mặt ngoài của vật dẫn. Vì vậy, để kiểm chứng định luật Cu-lông người ta làm thí nghiệm chứng minh rằng điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài của vật dẫn tích điện. Đó là lí do tại sao thí nghiệm chứng minh điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài của vật có ý nghĩa rất lớn. Với những dụng cụ thí nghiệm hiện đại người ta đã chứng minh rằng, trong hệ thức lực tương tác giữa hai điện tích điểm, số mũ của r nếu sai khác với 2 thì chỉ sai khác rất ít, nhỏ hơn 10^{-16}. Vì vậy với tuyệt đại đa số các trường hợp thì định luật tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách được coi là hoàn toàn chính xác.

Bài 7. Tụ điện

7 TỤ ĐIỆN

Bài này sẽ nói về một loại linh kiện có cấu tạo đơn giản nhưng lại rất thông dụng trong kĩ thuật điện, điện tử đó là tụ điện.

1. Tụ điện

a) Định nghĩa

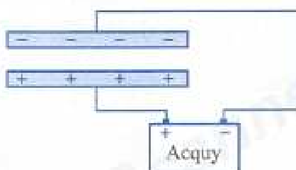
Tụ điện là một hệ hai vật dẫn đặt gần nhau. Mỗi vật dẫn đó gọi là một bản của tụ điện. Khoảng không gian giữa hai bản có thể là chân không hay bị chiếm bởi một chất điện môi nào đó.

Trong sơ đồ mạch điện, tụ điện được kí hiệu như trên Hình 7.1.



Hình 7.1 Kí hiệu tụ điện trong sơ đồ mạch điện.

Nối hai bản của tụ điện với hai cực của một nguồn điện (acquy hay máy phát điện), thì hai bản của tụ điện sẽ tích điện trái dấu nhau. Khi đó, ta nói là *tích điện* (hay *nạp điện*) cho tụ điện (Hình 7.2).



Hình 7.2 Tích điện cho tụ điện.

Nếu ta nối hai bản của tụ điện đã tích điện với một điện trở, thì sẽ có dòng điện chạy qua điện trở. Điện tích trên các bản tụ điện giảm dần đi. Ta nói tụ điện *phóng điện*. Do có khả năng tích và phóng điện như vậy, nên tụ điện có nhiều ứng dụng trong kĩ thuật điện và điện tử.

b) Tụ điện phẳng

Tụ điện đơn giản và thường gặp là *tụ điện phẳng*. Hai bản của tụ điện phẳng là hai tấm kim loại phẳng có kích thước lớn, đặt đối diện nhau và song song với nhau. Hệ hai tấm kim loại nói đến trong Bài 3 chính là một tụ điện phẳng.

Đối với một tụ điện phẳng, khi tích điện thì điện tích ở hai bản của tụ điện có độ lớn bằng nhau. Đồng thời vì hai bản tụ điện gần nhau nên nói chung, các đường sức xuất phát từ bản này sẽ tận cùng tại bản kia. Sau đây, ta sẽ chỉ nói đến những tụ điện có hai tính chất như vừa nói đối với tụ điện phẳng.

Độ lớn của điện tích trên mỗi bản của tụ điện khi tích điện gọi là *điện tích của tụ điện*.

Bài 7 (tiếp)

2. Điện dung của tụ điện

a) Định nghĩa

Nối hai bản của tụ điện với một nguồn điện có hiệu điện thế U thì tụ điện sẽ có điện tích Q.

Thay đổi U thì Q cũng thay đổi. Thực nghiệm cho biết với một tụ điện xác định, thương số $\frac{Q}{U}$ là hằng số. **Thương số $\frac{Q}{U}$ đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện và được gọi là *điện dung* của tụ điện, kí hiệu là C.**

$$C = \frac{Q}{U} \quad (7.1)$$

Hai tụ điện được nạp điện bằng cùng một nguồn điện có hiệu điện thế U thì tụ điện nào có điện dung lớn hơn, điện tích của tụ điện đó sẽ lớn hơn.

Nếu đã biết U thì từ (7.1) ta suy ra :

$$Q = CU \quad (7.2)$$

Trong hệ SI, đơn vị điện dung là fara, kí hiệu là F.

Từ công thức (7.1) nếu cho $Q = 1$ C, $U = 1$ V thì $C = 1$ F. Vậy **fara là điện dung của một tụ điện mà khi hiệu điện thế giữa hai bản là 1 V thì điện tích của tụ điện là 1 C.**

Các tụ điện dùng trong thực tế có điện dung nhỏ hơn fara rất nhiều. Vì vậy người ta thường dùng các ước của fara : micrôfara (μF), nanôfara (nF), picôfara (pF). $1\,\mu F = 10^{-6}$ F, $1\,nF = 10^{-9}$ F, $1\,pF = 10^{-12}$ F.

b) Công thức tính điện dung của tụ điện phẳng

Điện dung của một tụ điện phụ thuộc vào hình dạng, kích thước của hai bản, vào khoảng cách giữa hai bản và vào chất điện môi ở giữa hai bản.

Điện dung của một tụ điện phẳng được tính theo công thức sau :

Có nhiều trường hợp không phải chỉ cần viết biểu thức điện tích của tụ điện mà cần viết biểu thức điện tích trên một bản nào đó. Muốn vậy ta sẽ gọi hai bản là 1, 2 ; điện tích trên bản 1 chẳng hạn kí hiệu là Q_1. Khi đó, đối với Q_1, ta viết như sau :

$$Q_1 = CU_{12}$$

Từ đó suy ra :

$$Q_2 = CU_{21} = -CU_{12} = -Q_1$$

Nếu $Q_1 > 0$ thì suy ra $U_{12} > 0$. Ngược lại, nếu biết $U_{12} > 0$ thì suy ra $Q_1 > 0$.

C1 Một bạn nói : từ (7.1) có thể nói điện dung của tụ điện phụ thuộc điện tích của tụ điện và hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện. Câu nói đó đúng hay sai ?

C2 Một bạn nói : từ (4.5) và (7.1) có thể rút ra kết luận rằng, cường độ điện trường trong tụ điện phẳng tỉ lệ với điện tích của tụ điện. Câu nói đó đúng hay sai ?



Hình 7.3 Một số tụ điện thường dùng.

Hình 7.3 cho thấy trong thực tế, tụ điện có nhiều loại khác nhau về kích thước, về hình dạng. Đặc biệt các tụ điện còn có sự khác nhau về chất điện môi trong tụ điện.

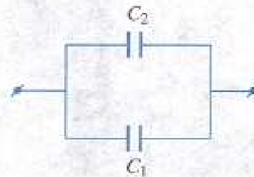
Bài 7 (tiếp)

Tụ điện giấy là tụ điện dùng lớp giấy làm điện môi còn hai bản là hai lá thiếc hay nhôm. Tụ điện mica dùng mica làm chất điện môi. Tụ điện mica có hiệu điện thế giới hạn cao, tới hàng nghìn vôn. Tụ điện hoá học là loại tụ điện mà chất điện môi giữa hai bản là một lớp nhôm ôxit rất mỏng được tạo nên bằng phương pháp điện phân. Vì lớp điện môi mỏng nên tụ điện hoá học có điện dung khá lớn. Tuy nhiên tụ điện hoá học có nhược điểm là chỉ mắc được theo một chiều nhất định ; nếu vô ý mắc nhầm, tụ điện sẽ bị hỏng.



Hình 7.4 Tụ điện xoay.

Tụ điện xoay là tụ điện có điện dung biến đổi. Nó gồm hai hệ tấm kim loại đặt cách điện với nhau ; một hệ cố định, hệ kia có thể quay xung quanh một trục (Hình 7.4). Khi xoay núm tụ điện, ta làm cho phần diện tích đối diện của các bản thay đổi, do đó điện dung của tụ điện thay đổi. Điện dung lớn nhất của tụ điện xoay thường không vượt quá vài nghìn picôfara.



Hình 7.5 Hai tụ điện ghép song song.

$$C = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d} \qquad (7.3)$$

trong đó S là phần diện tích đối diện của hai bản, d là khoảng cách giữa hai bản và ε là hằng số điện môi của chất điện môi chiếm đầy giữa hai bản.

Từ công thức (7.3) ta thấy, muốn tăng điện dung của tụ điện phẳng thì phương pháp khả thi hơn cả là giảm d. Tuy nhiên ta không thể giảm d một cách vô hạn được. Bởi vì từ công thức (4.5) ta thấy khi U không đổi mà giảm d thì điện trường trong tụ điện tăng. Điện trường tăng vượt quá một giá trị giới hạn nào đó sẽ làm cho điện môi mất tính chất cách điện. Người ta nói điện môi bị *đánh thủng*. Đối với các chất điện môi khác nhau, điện trường giới hạn cũng khác nhau. Với không khí ở điều kiện bình thường, thì điện trường giới hạn là 3.10^6 V/m. Vì thế mà với mỗi tụ điện có một *hiệu điện thế giới hạn*. Hiệu điện thế giới hạn này thường được ghi ngay trên tụ điện. Khi sử dụng, không được mắc tụ điện vào hiệu điện thế lớn hơn hiệu điện thế giới hạn đó.

3. Ghép tụ điện

Trong thực tế, muốn có tụ điện với điện dung thích hợp hay muốn có hiệu điện thế cần thiết, người ta phải ghép các tụ điện thành bộ tụ điện.

Trong bài này ta chỉ nói về hai cách ghép cơ bản : ghép song song và ghép nối tiếp.

a) Ghép song song

Hai tụ điện được ghép với nhau như ở Hình 7.5 gọi là *ghép song song*. Trong cách ghép này, các tụ điện trong bộ đều được mắc vào cùng hiệu điện thế.

Gọi điện dung của hai tụ điện đó là C_1, C_2 thì điện tích của các tụ điện là :

$$Q_1 = C_1U, Q_2 = C_2U$$

Bài 7 (tiếp)

Gọi điện tích của bộ tụ điện là Q thì :

$$Q = Q_1 + Q_2 = (C_1 + C_2)U$$

Suy ra : $\frac{Q}{U} = C_1 + C_2$.

Thương số $\frac{Q}{U}$ là điện dung tương đương của bộ tụ điện. Kí hiệu điện dung tương đương là C thì :

$$C = C_1 + C_2$$

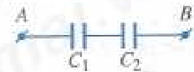
Từ đó suy ra điện dung tương đương của bộ gồm n tụ điện ghép song song với nhau là :

$$C = C_1 + C_2 + ... + C_n \quad (7.4)$$

C3 So sánh điện dung của bộ tụ điện ghép song song với điện dung của mỗi tụ điện trong bộ.

b) Ghép nối tiếp

Hai tụ điện ghép với nhau như Hình 7.6 gọi là *ghép nối tiếp*.



Hình 7.6 *Hai tụ điện ghép nối tiếp.*

Trong cách ghép này, bản thứ hai của tụ điện C_1 được nối với bản thứ nhất của tụ điện C_2. Nếu số tụ điện được ghép nhiều hơn hai thì bản thứ hai của tụ điện C_2 lại nối với bản thứ nhất của tụ điện C_3,... còn bản thứ nhất của tụ điện C_1 được nối với một cực và bản thứ hai của tụ điện cuối cùng được nối với cực kia của nguồn điện.

C4 Vì sao khi ghép nối tiếp thì điện tích của các tụ điện bằng nhau ?

Gọi U là hiệu điện thế của bộ tụ điện đó thì :

$$U = U_1 + U_2$$

Gọi điện dung của bộ tụ điện là C thì từ công thức vừa viết ta suy ra :

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

Giả sử rằng trước khi ghép, các tụ điện không tích điện. Nếu vậy, khi ghép nối tiếp thì điện tích của các tụ điện trong bộ bằng nhau. Người ta coi đó cũng là điện tích của bộ tụ điện :

$$Q = Q_1 = Q_2$$

C5 So sánh điện dung của bộ tụ điện ghép nối tiếp với điện dung của mỗi tụ điện trong bộ.

Bài 7 (tiếp)

Từ đó ta rút ra :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Đối với trường hợp ghép số tụ điện nhiều hơn hai, ta có thể viết :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n} \quad (7.5)$$

CÂU HỎI

1. Tụ điện phẳng có cấu tạo như thế nào ?
2. Hãy nêu định nghĩa điện dung của tụ điện.
3. Điện dung của tụ điện phụ thuộc những yếu tố nào ? Nêu công thức tính điện dung của tụ điện phẳng.
4. Hiệu điện thế giới hạn của tụ điện là gì ?
5. Hãy vẽ sơ đồ bộ tụ điện gồm ba tụ điện ghép song song và viết công thức tính điện dung của bộ tụ điện đó.
6. Hãy vẽ sơ đồ bộ tụ điện gồm ba tụ điện ghép nối tiếp và viết công thức tính điện dung của bộ tụ điện đó.

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

   Bốn tụ điện như nhau, mỗi tụ điện có điện dung *C*, được ghép nối tiếp với nhau. Điện dung của bộ tụ điện đó bằng :

   A. 2 *C*. B. $\frac{C}{2}$. C. 4 *C*. D. $\frac{C}{4}$.

2. Chọn phương án đúng.

   Bốn tụ điện như nhau, mỗi tụ điện có điện dung *C*, được ghép song song với nhau. Điện dung của bộ tụ điện đó bằng :

   A. 2 *C*. B. $\frac{C}{2}$. C. 4 *C*. D. $\frac{C}{4}$.

3. Một tụ điện có điện dung 500 pF được mắc vào hai cực của một máy phát điện có hiệu điện thế 220 V. Tính điện tích của tụ điện.
4. Cho một tụ điện phẳng mà hai bản có dạng hình tròn bán kính 2 cm và đặt trong không khí. Hai bản cách nhau 2 mm.

   a) Tính điện dung của tụ điện đó.

Bài 7 (tiếp)

b) Có thể đặt một hiệu điện thế lớn nhất là bao nhiêu vào hai bản của tụ điện đó ? Cho biết điện trường đánh thủng đối với không khí là 3.10^6 V/m.

5. Một tụ điện phẳng được mắc vào hai cực của một nguồn điện có hiệu điện thế 50 V. Ngắt tụ điện ra khỏi nguồn rồi kéo cho khoảng cách của hai bản tụ điện tăng gấp hai lần. Tính hiệu điện thế của tụ điện khi đó.

6. Hai tụ điện có điện dung $C_1 = 0,4$ μF, $C_2 = 0,6$ μF ghép song song với nhau. Mắc bộ tụ điện đó vào nguồn điện có hiệu điện thế $U < 60$ V thì một trong hai tụ điện đó có điện tích bằng 3.10^{-5} C. Tính :

   a) Hiệu điện thế U.

   b) Điện tích của tụ điện kia.

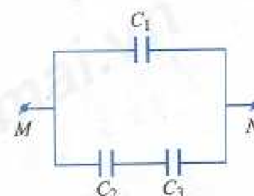
7. Điện dung của ba tụ điện ghép nối tiếp với nhau là $C_1 = 20$ pF, $C_2 = 10$ pF, $C_3 = 30$ pF. Tính điện dung của bộ tụ điện đó.

8. Cho ba tụ điện được mắc thành bộ theo sơ đồ như Hình 7.7. Cho $C_1 = 3$ μF, $C_2 = C_3 = 4$ μF. Nối hai điểm M, N với một nguồn điện có hiệu điện thế $U = 10$ V. Hãy tính :

   a) Điện dung và điện tích của bộ tụ điện đó.

   b) Hiệu điện thế và điện tích trên mỗi tụ điện.

   Hướng dẫn : Gọi C_{23} là điện dung tương đương của hai tụ điện ghép nối tiếp C_2, C_3. Khi đó có thể coi bộ tụ điện gồm hai tụ điện điện dung C_1 và C_{23} ghép song song với nhau.



Hình 7.7

Em có biết ?

Chai Lây-đen là tụ điện cổ nhất. Hai bản của nó là hai lá thiếc dán sát vào thành chai thuỷ tinh, một lá dán vào thành trong, lá kia dán vào thành ngoài. Vì vậy có thể coi đó là loại tụ điện thuỷ tinh. Chai Lây-đen có kích thước lớn, đồng thời khi hiệu điện thế cao, thuỷ tinh không còn là chất điện môi tốt. Do đó, ngày nay trong kĩ thuật, người ta không dùng chai Lây-đen và nói chung người ta cũng không dùng tụ điện thuỷ tinh. Hiện nay chai Lây-đen chỉ được dùng trong các máy phát tĩnh điện trong nhà trường.



Hình 7.8 *Chai Lây-đen.*

Bài 8. Năng lượng điện trường

8 NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

Ngoài tính chất cơ bản đã nói trong bài 3, điện trường còn một tính chất cơ bản nữa là nó có năng lượng.

1. Năng lượng của tụ điện

a) Nhận xét

Trong bộ đèn của máy ảnh có một tụ điện. Tụ điện này được tích điện nhờ bộ pin nhỏ và bộ đổi điện. Khi bấm máy để chụp ảnh trong bóng tối, ta thấy đèn loé sáng. Năng lượng làm cho đèn loé sáng là do tụ điện cung cấp. Điều đó chứng tỏ tụ điện tích điện thì có năng lượng. Ta gọi đó là năng lượng của tụ điện.

b) Công thức tính năng lượng của tụ điện

Khi tích điện cho tụ điện, thì nguồn điện thực hiện công để đưa điện tích đến các bản tụ điện. Theo định luật bảo toàn năng lượng, công này bằng năng lượng của tụ điện. Vì vậy để tính năng lượng của tụ điện, ta cần tính công mà nguồn điện đã thực hiện để đưa điện tích đến các bản. Đầu tiên điện tích của tụ điện bằng không, hiệu điện thế của tụ điện cũng bằng không. Năng lượng của tụ điện lúc đó bằng không. Khi được tích điện, điện tích của tụ điện tăng dần, hiệu điện thế cũng tăng và luôn luôn tỉ lệ với điện tích. Cuối cùng, điện tích của tụ điện bằng Q, hiệu điện thế của tụ điện bằng U. Giá trị trung bình của hiệu điện thế của tụ điện trong quá trình tích điện là $\frac{U}{2}$. Do đó công mà nguồn điện đã thực hiện là :

$$A = Q\frac{U}{2}$$

Vậy năng lượng của tụ điện là :

$$W = \frac{QU}{2} \qquad (8.1)$$

Sử dụng công thức (7.1) còn có thể viết W dưới dạng sau :

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C} \qquad (8.2)$$

Bài 8 (tiếp)

2. Năng lượng điện trường

Khi tụ điện tích điện, thì trong tụ điện có điện trường. Vì vậy, năng lượng của tụ điện chính là *năng lượng của điện trường trong tụ điện*.

Sử dụng các công thức (7.3) và (4.5) để rút ra các biểu thức của C và U. Sau đó, thay các biểu thức của C và U vừa rút ra vào biểu thức $\frac{CU^2}{2}$. Ngoài ra, gọi V là thể tích khoảng không gian giữa hai bản tụ điện phẳng thì $V = Sd$. Cuối cùng ta được công thức tính năng lượng điện trường trong tụ điện phẳng :

$$W = \frac{\varepsilon E^2}{9.10^9.8\pi}V \qquad (8.3)$$

C1 Hãy rút ra công thức (8.3).

Vì điện trường trong tụ điện phẳng là điện trường đều, nên từ (8.3) có thể suy ra công thức xác định năng lượng điện trường trong một đơn vị thể tích, gọi là *mật độ năng lượng điện trường* :

$$w = \frac{\varepsilon E^2}{9.10^9.8\pi} \qquad (8.4)$$

Công thức (8.4) có ý nghĩa tổng quát, nó đúng cả cho trường hợp điện trường không đều và điện trường phụ thuộc thời gian.

CÂU HỎI

1. Hãy viết các công thức xác định năng lượng của tụ điện.
2. Hãy viết công thức xác định năng lượng điện trường trong tụ điện phẳng và rút ra công thức xác định mật độ năng lượng điện trường.

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

   Sau khi ngắt tụ điện phẳng khỏi nguồn điện, ta tịnh tiến hai bản để khoảng cách giữa chúng giảm đi hai lần, khi đó, năng lượng điện trường trong tụ điện :

Bài 8 (tiếp)

A. Tăng lên hai lần.

B. Tăng lên bốn lần.

C. Giảm đi hai lần.

D. Giảm đi bốn lần.

2. Một tụ điện có điện dung $C = 6\ \mu F$ được mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế $U = 100$ V. Sau khi tụ điện được ngắt khỏi nguồn, điện tích của tụ điện phóng qua lớp điện môi trong tụ điện đến khi tụ điện mất hoàn toàn điện tích. Tính nhiệt lượng toả ra ở điện môi trong thời gian phóng điện đó.

3. Một tụ điện có điện dung $C = 5\ \mu F$ được tích điện, điện tích của tụ điện $Q = 10^{-3}$ C. Nối tụ điện đó vào bộ acquy có suất điện động $\mathscr{E} = 80$ V ; bản tích điện dương nối với cực dương, bản tích điện âm nối với cực âm của bộ acquy. Hỏi khi đó năng lượng của bộ acquy tăng lên hay giảm đi ? Tăng hay giảm bao nhiêu ?

4. Một tụ điện không khí phẳng mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế $U = 200$ V. Hai bản tụ điện cách nhau $d = 4$ mm. Hãy tính mật độ năng lượng điện trường trong tụ điện.

Em có biết ?

NĂNG LƯỢNG VÀ CÔNG SUẤT PHÓNG ĐIỆN CỦA TỤ ĐIỆN

Thông thường, năng lượng điện trường tích trữ trong tụ điện là không lớn. Tuy nhiên, nếu làm cho tụ điện giải phóng năng lượng trong một khoảng thời gian rất ngắn thì công suất cũng đáng kể. Chẳng hạn trong việc chụp ảnh cực nhanh, thời gian phóng điện của tụ điện trong bộ đèn vào khoảng $\frac{1}{200}$ s đến $\frac{1}{1\,000\,000}$ s, thậm chí có thể còn ngắn hơn nữa. Trong khoảng thời gian rất ngắn đó, đèn chiếu phát sáng rất mạnh.

Trong y tế, người ta cũng dùng cách phóng điện của tụ điện qua tim để làm ngừng một cách nhanh chóng những cơn loạn nhịp tim của người bị bệnh đau tim. Đặt hai điện cực trên ngực người bệnh ở chỗ gần tim. Hai bản của tụ điện có hiệu điện thế vào khoảng một nghìn vôn được nối với hai điện cực đó. Thời gian phóng điện vào khoảng vài phần nghìn giây.

Trong những trường hợp trên, công suất phóng điện tức thời của tụ điện có thể có giá trị vào khoảng hàng chục kilôoát đến hàng trăm kilôoát.

Bài 9. Bài tập về tụ điện

9 BÀI TẬP VỀ TỤ ĐIỆN

1. Hai bản của một tụ điện phẳng là các hình tròn, tụ điện được tích điện sao cho điện trường trong tụ điện bằng $3.10^5 \frac{V}{m}$. Khi đó điện tích của tụ điện là q = 100 nC. Hãy tính bán kính của các bản. Cho biết bên trong tụ điện là không khí.

Bài giải

Hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện $U = Ed$.

Điện dung của tụ điện $C = \frac{q}{U} = \frac{q}{Ed}$.

Áp dụng công thức tính điện dung của tụ điện phẳng ta viết được :

$$C = \frac{S}{9.10^9.4\pi d} = \frac{q}{Ed}$$

Mặt khác $S = \pi R^2$, do đó ta có :

$$R^2 = \frac{36.10^9 q}{E}$$

Thay số ta được $R = \sqrt{120}.10^{-2} \approx 0,11$ m = 11 cm.

2. Có hai tụ điện, tụ điện thứ nhất điện dung $C_1 = 3$ μF, tích điện đến hiệu điện thế $U_1 = 300$ V, tụ điện thứ hai điện dung $C_2 = 2$ μF, tích điện đến hiệu điện thế $U_2 = 200$ V.

a) Xác định hiệu điện thế giữa các bản của tụ điện khi nối hai bản mang điện tích cùng dấu của hai tụ điện đó với nhau.

b) Tính nhiệt lượng toả ra sau khi nối các bản.

Bài giải

a) Hai tụ điện đó được ghép song song nên điện dung của bộ tụ điện là $C = C_1 + C_2$. Gọi q là điện tích của cả bộ thì :

$$U = \frac{q}{C} = \frac{q}{C_1 + C_2}$$

Bài 9 (tiếp)

Vì nối hai bản cùng tên với nhau nên :

$$q = q_1 + q_2 = C_1U_1 + C_2U_2$$

Do đó :

$$U = \frac{C_1U_1 + C_2U_2}{C_1 + C_2} = 260 \text{ V}$$

b) Trước khi nối các bản của hai tụ điện đó với nhau, năng lượng tổng cộng của hai tụ điện đó là :

$$W = \frac{1}{2}C_1U_1^2 + \frac{1}{2}C_2U_2^2 = 175.10^{-3} \text{ J}$$

Sau khi nối, năng lượng của bộ tụ điện là :

$$W_b = \frac{CU^2}{2} = \frac{1}{2}(C_1 + C_2)U^2 = 169.10^{-3} \text{ J}$$

Nhiệt lượng toả ra là :

$$Q = W - W_b = 0{,}006 \text{ J}$$

3. Một bộ tụ điện gồm $n = 10$ tụ điện có điện dung giống nhau ghép nối tiếp với nhau. Bộ tụ điện được nối với hiệu điện thế $U = 150$ V.

a) Xác định độ biến thiên năng lượng của bộ tụ điện sau khi có một tụ điện của bộ bị đánh thủng. Có nhận xét gì về kết quả tính được ?

b) Khi tụ điện nói trên bị đánh thủng thì năng lượng của bộ tụ điện bị tiêu hao do sự phóng điện. Tìm năng lượng tiêu hao đó.

Cho biết điện dung của mỗi tụ điện là $C = 8$ μF.

Bài giải

a) Trước khi tụ điện bị đánh thủng, điện dung của bộ tụ điện là $C_b = \frac{C}{n}$ và năng lượng của bộ tụ điện bằng :

$$W_1 = \frac{1}{2}C_bU^2 = \frac{CU^2}{2n}$$

Sau khi tụ điện bị đánh thủng, điện dung của bộ tụ điện là $C_b' = \frac{C}{n-1}$ và năng lượng của bộ tụ điện bằng :

Bài 9 (tiếp)

$$W_2 = \frac{1}{2}C_b'U^2 = \frac{CU^2}{2(n-1)}$$

Độ biến thiên năng lượng của bộ tụ điện là :

$$\Delta W = W_2 - W_1 = \frac{CU^2}{2n(n-1)} = 0,001\ \text{J}$$

Năng lượng của bộ tụ điện tăng lên mặc dù có sự tiêu hao năng lượng do một tụ điện bị đánh thủng.

b) Trước khi tụ điện bị đánh thủng, điện tích của bộ tụ điện là :

$$q_1 = C_bU = \frac{CU}{n}$$

Sau khi tụ điện bị đánh thủng thì :

$$q_2 = C_b'U = \frac{CU}{n-1}$$

Sau khi tụ điện bị đánh thủng điện tích của bộ tụ điện tăng lên :

$$\Delta q = q_2 - q_1 = \frac{CU}{n(n-1)}$$

Năng lượng của tụ điện tăng lên là do nguồn điện đã thực hiện công để đưa thêm điện tích đến tụ điện :

$$A = \Delta qU = \frac{CU^2}{n(n-1)}$$

Gọi năng lượng tiêu hao do sự đánh thủng là W_{th} thì từ định luật bảo toàn năng lượng ta có thể viết :

$$A = \Delta W + W_{th}$$

Từ đó rút ra :

$$W_{th} = A - \Delta W = \frac{CU^2}{2n(n-1)} = 0,001\ \text{J}$$

Bài đọc thêm. Máy sao chụp quang học (photocopy)

BÀI ĐỌC THÊM

MÁY SAO CHỤP QUANG HỌC (photocopy)

Bộ phận quan trọng nhất trong máy sao chụp quang học là một mặt trụ mà người ta gọi là cái trống. Trống làm bằng nhôm có phủ một lớp chất bán dẫn, ví dụ như sêlen. Nhôm là chất dẫn điện tốt ; còn sêlen thì khi thiếu ánh sáng nó là chất cách điện, khi được chiếu sáng nó trở thành dẫn điện tốt. Mặt trống ở gần một điện cực mà ta gọi là điện cực trống (1).

Quá trình máy sao chụp văn bản có thể chia thành mấy bước như sau (Hình 9.1) :

Bước thứ nhất : Tích điện cho trống. Khi trống quay, mặt của nó lướt qua điện cực trống. Điện cực trống là điện cực dương, vì vậy khi quay qua điện cực này thì mặt trống nhiễm điện dương.

Bước thứ hai : Hiện ảnh trên mặt trống. Giả sử tài liệu gốc là số 3. Nhờ hệ thống gương và thấu kính (2), ảnh của số 3 được hiện trên mặt trống. Thành ra trên mặt trống có chỗ tối, chỗ sáng. Ở chỗ sáng thì sêlen trở thành dẫn điện tốt, vì vậy các êlectron từ nhôm truyền sang sêlen làm cho chỗ đó trở thành trung hoà. Còn chỗ tối, tức là ảnh của số 3, vẫn còn nhiễm điện dương.

Bước thứ ba : Phun mực in vào trống. Mực in là loại bột màu đen đã được nhiễm điện âm. Vì vậy khi các hạt mực này (3) đến mặt trống chúng sẽ bị hút vào chỗ nhiễm điện dương ở mặt trống, nghĩa là chỗ có ảnh của số 3.

Bước thứ tư là bước chuyển nét mực trên mặt trống sang trang giấy trắng. Muốn vậy người ta cho trang giấy chuyển động qua một điện cực thứ hai gọi là điện cực giấy (4). Điện cực này làm cho trang giấy cũng nhiễm điện dương. Do đó nét mực từ mặt trống bây giờ lại được chuyển sang trang giấy.

Bước cuối cùng là trang giấy đã có nét mực di chuyển qua bộ phận làm nóng để các hạt mực chảy ra kết dính vào nhau và kết dính vào giấy.



Hình 9.1

Tóm tắt chương I

TÓM TẮT CHƯƠNG I

1. Định luật Cu-lông

Độ lớn của lực tương tác giữa hai điện tích điểm trong chân không :

$$F = k\frac{|q_1q_2|}{r^2}$$

trong đó $k = 9.10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$.

Phương của lực tương tác giữa hai điện tích điểm là đường thẳng nối hai điện tích điểm đó. Hai điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, hai điện tích khác dấu thì hút nhau.

2. Điện trường

- Xung quanh điện tích tồn tại điện trường. Điện trường có tính chất cơ bản là tác dụng lực điện lên điện tích đặt trong nó.
- Cường độ điện trường là đại lượng đặc trưng cho điện trường về mặt tác dụng lực :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

- Cường độ điện trường gây ra bởi điện tích điểm Q tại điểm cách nó một khoảng r được xác định bằng công thức :

$$E = k\frac{|Q|}{r^2}$$

3. Công của lực điện và hiệu điện thế

- Công của lực điện tác dụng lên một điện tích không phụ thuộc vào dạng đường đi của điện tích mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của điểm đầu và điểm cuối của đường đi trong điện trường.
- Công thức định nghĩa hiệu điện thế :

$$U_{MN} = \frac{A_{MN}}{q}$$

- Công thức liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế trong điện trường đều :

$$E = \frac{U_{MN}}{M'N'}$$

M', N' là hình chiếu của M, N lên một trục trùng với một đường sức bất kì.

Tóm tắt chương I (tiếp)

4. Tụ điện

• Công thức định nghĩa điện dung của tụ điện :

$$C = \frac{Q}{U}$$

• Điện dung của tụ điện phẳng :

$$C = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d}$$

ε là hằng số điện môi.

• Điện dung của n tụ điện ghép song song :

$$C = C_1 + C_2 + ... + C_n$$

• Điện dung của n tụ điện ghép nối tiếp :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n}$$

• Năng lượng của tụ điện :

$$W = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

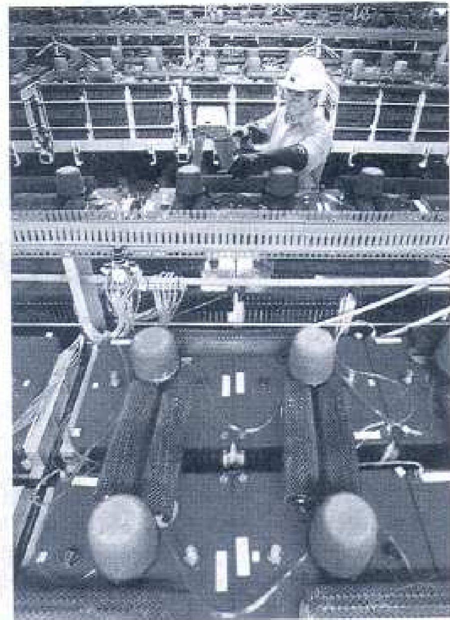
• Mật độ năng lượng điện trường :

$$w = \frac{\varepsilon E^2}{9.10^9.8\pi}$$

Chương II. DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

CHƯƠNG II

Dòng điện không đổi



Acquy lớn nhất thế giới có công suất 10 MW ở Chin-nô bang Ca-li-fo-ni-a (Mĩ).

Chương này trình bày các kiến thức về nguồn điện (đặc biệt là nguồn điện hoá học), máy thu điện và các định luật cơ bản về dòng điện không đổi như định luật Jun – Len-xơ, định luật Ôm đối với toàn mạch, đối với các loại mạch điện.

Bài 10. Dòng điện không đổi. Nguồn điện

10 DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI NGUỒN ĐIỆN



AM-PE
(André - Marie Ampère 1775 – 1836, nhà vật lí người Pháp)

Chiều quy ước của dòng điện là chiều dịch chuyển của các điện tích dương. Như vậy, trong dây dẫn kim loại, chiều dòng điện ngược với chiều dịch chuyển của các êlectron tự do.

C1 Nêu các tác dụng của dòng điện mà em đã biết. Nêu ví dụ minh hoạ cho mỗi tác dụng.

C2 Nối hai đầu bóng đèn dây tóc vào hai cực của một pin.

– Chiều và cường độ dòng điện chạy qua đèn có thay đổi theo thời gian không ?

– Cho biết trong 4 s có một điện lượng 2 C chạy qua tiết diện thẳng của dây tóc đèn. Tìm cường độ dòng điện chạy qua đèn.

1. Dòng điện. Các tác dụng của dòng điện

• **Dòng điện là dòng các điện tích dịch chuyển có hướng.** Ví dụ, dòng điện xuất hiện khi có sự dịch chuyển có hướng của các êlectron tự do trong kim loại, hoặc sự dịch chuyển có hướng của ion dương và ion âm trong dung dịch điện phân. Êlectron tự do, các ion dương và âm gây nên dòng điện được gọi là các *hạt tải điện*.

• **Tác dụng đặc trưng của dòng điện là tác dụng từ.**

Tuỳ theo môi trường mà dòng điện còn có thể có tác dụng nhiệt và tác dụng hoá học. Các tác dụng này dẫn tới tác dụng sinh lí và các tác dụng khác.

2. Cường độ dòng điện. Định luật Ôm

a) Định nghĩa

Cường độ dòng điện đặc trưng cho tác dụng mạnh, yếu của dòng điện, được xác định bằng thương số giữa điện lượng Δq dịch chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong khoảng thời gian Δt và khoảng thời gian đó :

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \qquad (10.1)$$

Nếu $\Delta t = 1$ s, thì $I = \Delta q$. Như vậy, cường độ dòng điện được xác định bằng điện lượng chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong một đơn vị thời gian. Nói chung, cường độ dòng điện có thể thay đổi theo thời gian và công thức trên chỉ cho ta biết giá trị trung bình của cường độ dòng điện trong khoảng thời gian Δt.

Dòng điện có chiều và cường độ không thay đổi theo thời gian gọi là *dòng điện không đổi*. Đối với dòng điện không đổi, công thức (10.1) trở thành :

Bài 10 (tiếp)

$$I = \frac{q}{t} \quad (10.2)$$

trong đó q là điện lượng dịch chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong khoảng thời gian t.

Trong hệ SI, đơn vị cường độ dòng điện là ampe, kí hiệu là A.

Người ta cũng hay dùng các ước của ampe :

1 miliampe (mA) = 10^{-3} ampe (A)

1 micrôampe (μA) = 10^{-6} ampe (A)

b) Định luật Ôm đối với đoạn mạch chỉ chứa điện trở *R*

Cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch chỉ chứa điện trở R tỉ lệ thuận với hiệu điện thế U đặt vào hai đầu đoạn mạch và tỉ lệ nghịch với điện trở R :

$$I = \frac{U}{R} \quad (10.3)$$

Công thức (10.3) còn được viết dưới dạng :

$$U = V_A - V_B = IR \quad (10.4)$$

với I là cường độ dòng điện chạy từ đầu A đến đầu B của đoạn mạch. Tích IR được gọi là *độ giảm điện thế* trên điện trở R.

Công thức (10.3) có thể viết lại dưới dạng :

$$R = \frac{U}{I} \quad (10.5)$$

Công thức này giúp ta xác định điện trở R của một vật dẫn nếu biết cường độ dòng điện I đi qua vật dẫn, khi hiệu điện thế ở hai đầu vật dẫn là U.

Trong trường hợp điện trở R có cùng một giá trị, ứng với những giá trị hiệu điện thế U khác nhau đặt vào vật dẫn, ta nói là *vật dẫn tuân theo định luật Ôm*.

c) Đặc tuyến vôn - ampe

Đường biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ dòng điện I chạy qua vật dẫn vào hiệu điện thế U đặt vào vật được gọi là *đường đặc trưng vôn-ampe* hay *đặc tuyến vôn-ampe* của vật dẫn.

Trong thực tế, có khi người ta gọi dòng điện không đổi là *dòng điện một chiều*. Nhưng cần lưu ý rằng, có những dòng điện không đổi chiều nhưng lại có cường độ thay đổi, như dòng xung điện một chiều.

Bảng 10.1

Một số giá trị cường độ dòng điện hay gặp trong đời sống

	I (A)
Bóng đèn dây tóc	0,1 – 5
Bàn là	3,0 – 6
Lò sưởi điện	5,0 – 15
Động cơ của máy công cụ	10
Xe lửa chạy điện	≈ 500
Sét	6 000 – 50 000

C3 Hãy nêu quy tắc dùng ampe kế.



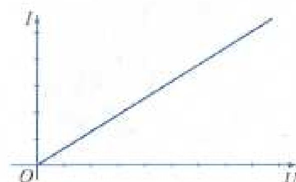
Hình 10.1 Đoạn mạch chỉ có điện trở R.

Dòng điện chạy từ đầu A có điện thế V_A cao, đến đầu B có điện thế V_B thấp hơn. Điện trở R của vật dẫn còn được gọi là *điện trở thuần* gọi tắt là điện trở, nó biểu thị tác dụng nhiệt của dòng điện.

C4 Hãy trình bày cách xác định điện trở của một dây dẫn bằng vôn kế và ampe kế.

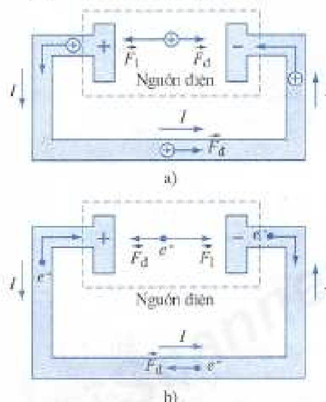
C5 Hãy viết công thức tính điện trở của một đoạn dây dẫn đồng tính có dạng hình trụ tiết diện S chiều dài l, làm bằng vật liệu có điện trở suất ρ và chỉ ra đơn vị của các đại lượng trong công thức.

Bài 10 (tiếp)



Hình 10.2 Đặc tuyến vôn-ampe của một đoạn dây dẫn ở nhiệt độ không đổi.

Với vật dẫn không tuân theo định luật Ôm, đặc tuyến vôn-ampe có dạng đường cong, vì điện trở phụ thuộc hiệu điện thế U hoặc cường độ dòng điện I (xem Chương III).



Hình 10.3 Chuyển động của hạt tải điện ở bên trong và bên ngoài nguồn điện ($\vec{F_l}$ là lực lạ bên trong nguồn).

Trong các loại nguồn điện khác nhau, lực lạ có bản chất khác nhau. Chẳng hạn, trong pin, acquy thì lực lạ là lực hoá học ; trong các máy phát điện, lực lạ là lực từ tác dụng lên các êlectron chuyển động trong từ trường.

Ở bên trong nguồn điện phải có một nguồn năng lượng nào đó cho phép nó thực hiện công lên các điện tích và buộc chúng chuyển động theo chiều đã nói. Công của lực lạ thực hiện khi đó được gọi là công của nguồn điện.

Đối với dây dẫn kim loại, ở nhiệt độ nhất định, đặc tuyến vôn-ampe là một đoạn thẳng (Hình 10.2), vì R không phụ thuộc hiệu điện thế U. Vậy dây dẫn kim loại ở nhiệt độ không đổi là vật dẫn tuân theo định luật Ôm.

3. Nguồn điện

Nguồn điện là thiết bị để tạo ra và duy trì hiệu điện thế, nhằm duy trì dòng điện trong mạch.

a) Nguồn điện nào cũng có hai cực, là *cực dương* (+) và *cực âm* (−), luôn được nhiễm điện dương, âm khác nhau ; giữa hai cực đó có một hiệu điện thế được duy trì. Để tạo ra các điện cực như vậy, trong nguồn điện phải có lực thực hiện công để tách các êlectron ra khỏi nguyên tử trung hoà, rồi chuyển các êlectron hoặc ion dương được tạo thành như thế ra khỏi mỗi cực. Khi đó, một cực sẽ thừa êlectron được gọi là cực âm, cực còn lại thiếu êlectron hoặc thừa ít êlectron hơn cực kia gọi là cực dương của nguồn điện. Vì lực điện tác dụng giữa êlectron và ion dương là lực hút tĩnh điện, nên để tách chúng ra xa nhau như thế, bên trong nguồn điện cần phải có những lực mà bản chất không phải là lực tĩnh điện ; người ta gọi đó là *lực lạ*.

b) Khi ta nối hai cực của nguồn điện bằng một vật dẫn, tạo thành mạch kín, thì trong mạch có dòng điện. Các hạt tải điện dương từ cực dương của nguồn điện (có điện thế cao) chạy đến cực âm (có điện thế thấp) (Hình 10.3a). Nếu vật dẫn làm bằng kim loại thì chỉ có sự dịch chuyển của các êlectron tự do từ cực âm, qua vật dẫn, đến cực dương (Hình 10.3b). Bên trong nguồn điện, dưới tác dụng của lực lạ, các hạt tải điện dương lại dịch chuyển ngược chiều điện trường từ cực âm đến cực dương. Khi đó, lực lạ thực hiện một công thắng công cản của trường tĩnh điện bên trong nguồn điện.

4. Suất điện động của nguồn điện

Để đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nguồn điện người ta đưa vào đại lượng gọi là *suất điện động* của nguồn điện, thường kí hiệu là $\mathscr{E}$.

Bài 10 (tiếp)

Suất điện động $\mathscr{E}$ của nguồn điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nguồn điện và đo bằng thương số giữa công A của lực lạ thực hiện khi làm dịch chuyển một điện tích dương q bên trong nguồn điện từ cực âm đến cực dương và độ lớn của điện tích q đó.

$$\mathscr{E} = \frac{A}{q} \qquad (10.6)$$

Đơn vị của suất điện động là vôn, kí hiệu V.

Mỗi nguồn điện có một suất điện động nhất định, không đổi. Ngoài suất điện động $\mathscr{E}$, nguồn điện là vật dẫn nên còn có điện trở, gọi là *điện trở trong* của nguồn điện.

Số vôn ghi trên pin, acquy cho biết suất điện động của nó. Suất điện động của nguồn điện có giá trị bằng hiệu điện thế giữa hai cực của nó khi mạch ngoài hở.

CÂU HỎI

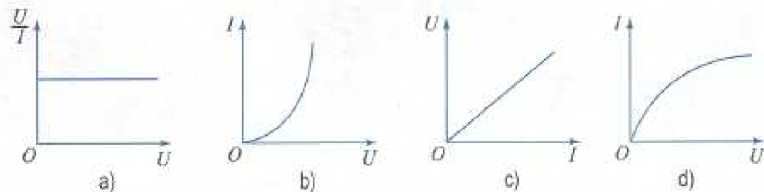
1. Dòng điện là gì ? Cường độ dòng điện là gì ? Chiều của dòng điện được xác định như thế nào ?
2. Dòng điện có tác dụng gì ?
3. Nguồn điện là gì ? Suất điện động của nguồn điện là gì ?

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

Bốn đồ thị a, b, c, d ở Hình 10.4 diễn tả sự phụ thuộc của đại lượng trên trục tung theo đại lượng trên trục hoành. (Các) trường hợp trong đó vật dẫn tuân theo định luật Ôm là :

A. Hình 10.4a. B. Hình 10.4d. C. Hình 10.4c. D. Hình 10.4b.



Hình 10.4

Bài 10 (tiếp)

2. Chọn phương án đúng.

Suất điện động của nguồn điện là đại lượng đặc trưng cho

A. khả năng tích điện cho hai cực của nó.

B. khả năng dự trữ điện tích của nguồn điện.

C. khả năng thực hiện công của nguồn điện.

D. khả năng tác dụng lực của nguồn điện.

3. Tính số electron đi qua tiết diện thẳng của một dây dẫn kim loại trong 1 giây nếu có điện lượng 15 culông dịch chuyển qua tiết diện đó trong 30 giây.

Em có biết ?

Cường độ dòng điện gây ra hiện tượng "điện giật" có giá trị nhỏ nhất I_c phụ thuộc vào thời gian tác dụng Δt. Bảng 10.2 là kết quả đã thu được khi có "điện giật" xảy ra trong các điều kiện được biết. Nếu vượt quá các giá trị này, thì sự kiện "điện giật nguy hiểm chết người" là có thực.

Bảng 10.2

Δt (s)	30	3	1	0,1
I_c (mA)	10	100	150	500

Ngoài ra, những rủi ro vì "điện giật" phụ thuộc không chỉ vào giá trị của cường độ dòng điện chạy qua, mà còn vào đường đi của dòng điện qua cơ thể. Một dòng điện chạy xuyên qua cánh tay từ đầu ngón tay tới khuỷu tay có thể gây đau nhói và khó chịu. Nhưng cũng dòng điện ấy mà chạy từ bàn tay nọ sang bàn tay kia thông qua lồng ngực, thì có thể gây tai nạn "điện giật" chết người. Lí do là, lúc chạy ngang qua lồng ngực, dòng điện tác động trực tiếp tới sự hoạt động của các cơ điều khiển sự thở và đặc biệt là tới các cơ tim. Một dòng điện 20 mA có thể gây khó thở, nếu tăng tới 75 mA có thể gây ngừng thở hoàn toàn.

Bài 11. Pin và acquy



PIN VÀ ACQUY

1. Hiệu điện thế điện hoá

Thí nghiệm chứng tỏ rằng, nếu một thanh kim loại tiếp xúc với một chất điện phân (dung dịch muối, axit, bazơ), thì do tác dụng hoá học, trên mặt thanh kim loại và ở dung dịch điện phân xuất hiện hai loại điện tích trái dấu nhau. Khi đó, giữa thanh kim loại và dung dịch điện phân có một hiệu điện thế xác định, gọi là *hiệu điện thế điện hoá*. Hiệu điện thế điện hoá có độ lớn và dấu phụ thuộc vào bản chất kim loại, bản chất và nồng độ dung dịch điện phân.

Khi ta nhúng hai thanh kim loại khác loại nhau vào dung dịch điện phân, thì do hiệu điện thế điện hoá giữa mỗi thanh và dung dịch điện phân là khác nhau, nên giữa hai thanh đó có một hiệu điện thế xác định. Dựa trên cơ sở đó, người ta chế tạo các loại *pin điện hoá* (gọi chung là *nguồn điện hoá học*). Ở đây lực hoá học đóng vai trò lực lạ.

C1 Hãy giải thích sự xuất hiện hiệu điện thế điện hoá trong trường hợp kẽm nhúng vào dung dịch $ZnSO_4$.

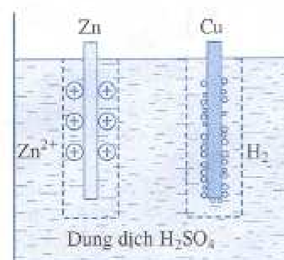
2. Pin Vôn-ta

a) Nguồn điện hoá học được chế tạo đầu tiên, sinh ra dòng điện duy trì khá lâu là pin Vôn-ta (năm 1795).

Pin Vôn-ta gồm một cực bằng kẽm (Zn) và một cực bằng đồng (Cu) nhúng trong dung dịch axit sunfuric (H_2SO_4) loãng (Hình 11.1).

b) Suất điện động của pin Vôn-ta được tạo thành như sau.

Do tác dụng hoá học, các ion kẽm Zn^{2+} từ thanh kẽm đi vào dung dịch axit sunfuric làm cho lớp dung dịch tiếp giáp với thanh kẽm tích điện dương. Thanh kẽm thừa êlectron nên tích điện âm (Hình 11.1). Vì thế giữa thanh kẽm và dung dịch



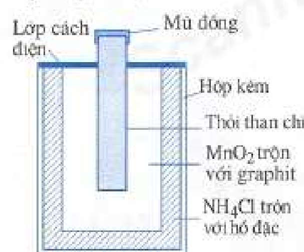
Hình 11.1 Sự tạo thành suất điện động của pin Vôn-ta.

Bài 11 (tiếp)

• Khi các ion H^+ có trong dung dịch tới bám vào cực đồng, chúng tạo thành lớp bọt khí hiđrô (H) bao bọc xung quanh cực đồng, ngăn cản các ion H^+ tiếp theo bám vào cực. Do đó, lớp bọt khí này có tác dụng như một lớp điện trở, làm cho điện trở trong của pin tăng lên đáng kể. Hiện tượng này được gọi là *sự phân cực của pin*. Để khử hiđrô bao quanh cực đồng (*khử cực*), ta có thể bao quanh cực này bằng một chất ôxi hoá mạnh.

• Một loại pin điện hoá rất thông dụng là *pin Lơ-clan-sê* có cực âm là kẽm, cực dương là một thanh than bao bọc xung quanh bằng một hỗn hợp đã nén chặt, gồm mangan điôxit (MnO_2) và graphit, để khử cực và tăng độ dẫn điện. Dung dịch điện phân là dung dịch amôni clorua (NH_4Cl). Suất điện động của pin này khoảng 1,5 V.

Để tiện dùng, người ta chế tạo pin Lơ-clan-sê dưới dạng pin khô. Khi đó, dung dịch NH_4Cl được trộn với một loại hồ đặc rồi đóng vào trong một vỏ pin bằng kẽm, vỏ pin này là cực âm (Hình 11.2).



Hình 11.2 Pin khô Lơ-clan-sê.

Mangan điôxit là một chất ôxi hoá mạnh dùng làm chất khử cực, nó có tác dụng chuyển khí hiđrô thoát ra ở cực (khi pin hoạt động) thành nước. Nếu không, khí hiđrô bám vào cực sẽ làm giảm hiệu điện thế giữa hai cực.

có một điện trường hướng từ dung dịch đến thanh kẽm. Điện trường này ngăn cản sự dịch chuyển tiếp theo của các ion Zn^{2+} từ thanh kẽm vào dung dịch, đồng thời tăng cường sự dịch chuyển ngược lại của các ion Zn^{2+} từ dung dịch vào thanh kẽm. Sự cân bằng điện hoá được thiết lập khi số ion đi ra khỏi thanh kẽm và số ion đi vào thanh kẽm bằng nhau. Thí nghiệm chứng tỏ khi đó giữa thanh kẽm và dung dịch có hiệu điện thế điện hoá khoảng $U_1 = -0,74$ V.

Còn ở phía thanh đồng thì các ion H^+ có trong dung dịch tới bám vào cực đồng và thu lấy các êlectron có trong thanh đồng. Do đó, thanh đồng mất bớt êlectron nên được tích điện dương (Hình 11.1). Khi cân bằng điện hoá được thiết lập, giữa thanh đồng và dung dịch có hiệu điện thế điện hoá khoảng $U_2 = 0,34$ V.

Kết quả là giữa hai cực của pin Vôn-ta có hiệu điện thế xác định vào khoảng :

$$\mathscr{E} = U_2 - U_1 \approx 1,1 \text{ V}$$

Đó chính là suất điện động của pin Vôn-ta.

3. Acquy

a) Acquy đơn giản là *acquy chì*, còn gọi là acquy axit, gồm bản cực dương bằng chì điôxit (PbO_2) và bản cực âm bằng chì (Pb) ; cả hai bản được nhúng trong dung dịch axit sunfuric (H_2SO_4) loãng. Do tác dụng với dung dịch axit sunfuric, hai bản cực của acquy được tích điện khác nhau và hoạt động giống như một pin điện hoá. Suất điện động của acquy chì khoảng 2 V.

Khi cho acquy phát điện, do tác dụng hoá học, các bản cực của acquy bị biến đổi. Sau một thời gian, hai bản cực trở thành giống nhau (đều có một lớp chì sunfat ($PbSO_4$) phủ ở bên ngoài) và khi đó dòng điện sẽ tắt (Hình 11.3). Muốn cho acquy lại có thể phát điện được, ta nạp điện cho nó để cho lớp chì sunfat ở hai bản cực mất dần và cuối cùng hai cực trở lại thành Pb và PbO_2.

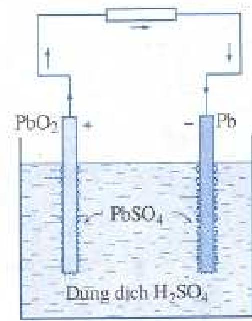
Bài 11 (tiếp)

b) Như vậy acquy là một nguồn điện có thể nạp lại để sử dụng nhiều lần dựa trên phản ứng hoá học thuận nghịch : nó tích trữ năng lượng dưới dạng hoá năng (lúc nạp điện), để rồi giải phóng năng lượng ấy dưới dạng điện năng (lúc phát điện).

c) Suất điện động của acquy chì thường có giá trị ổn định khoảng 2 V. Khi suất điện động giảm xuống đến 1,85 V thì ta phải nạp điện lại cho acquy. Mỗi acquy có một *dung lượng* xác định. Dung lượng của acquy là điện lượng lớn nhất mà acquy có thể cung cấp được khi nó phát điện. Dung lượng của acquy được đo bằng ampe.giờ (kí hiệu A.h). Ampe.giờ là điện lượng do dòng điện có cường độ 1 A tải đi trong một giờ : 1 A.h = 3 600 C.

d) Ngoài acquy chì nói trên, người ta còn dùng *acquy kiềm*, có hiệu suất nhỏ hơn acquy axit, nhưng lại rất tiện lợi vì nhẹ và bền hơn.

Acquy kiềm, thường gồm hai loại : acquy sắt - niken và acquy cađimi - niken. Trong acquy cađimi - niken, cực dương được làm bằng niken hiđrôxit $Ni(OH)_2$, còn cực âm làm bằng cađimi hiđrôxit $Cd(OH)_2$; các cực đó nhúng trong dung dịch kiềm KOH hoặc NaOH.



Hình 11.3 Acquy chì đang phát điện.

• Về mặt sử dụng, người ta còn quan tâm đến điện năng tổng cộng mà acquy tích luỹ được, tính ra *oát giờ* (W.h), hoặc W.h/kg.

• Năm 1993 người ta đã chế tạo được acquy liti - ion (dung dịch điện phân là muối liti) tích luỹ được năng lượng tới 150 W.h/kg, lớn gấp hai lần so với acquy kiềm. Năm 1999 lại chế tạo được acquy liti - pôlime, có chất điện phân là một màng mỏng pôlime xốp dán giữa hai điện cực ; nhờ đó, acquy có thể chế tạo dưới dạng một phong bì mỏng, mềm dẻo, có thể đặt sau màn hình máy tính, thùng xe ô tô...

CÂU HỎI

1. Nêu nguyên tắc chung đối với quá trình tạo thành suất điện động của các nguồn điện.
2. Hãy trình bày cấu tạo và sự tạo thành suất điện động của pin Vôn-ta.
3. Hãy so sánh hoạt động của pin và acquy.
4. Tự làm lấy một pin bằng cách dùng thanh sắt, mảnh tôn, thanh đồng cắm vào một quả chanh. Nhận xét về hoạt động của pin đó.

Bài 11 (tiếp)

BÀI TẬP

1. Chọn phát biểu đúng.

Trong nguồn điện hoá học (pin, acquy) có sự chuyển hoá

A. từ nội năng thành điện năng.

B. từ cơ năng thành điện năng.

C. từ hoá năng thành điện năng.

D. từ quang năng thành điện năng.

2. Chọn phát biểu đúng.

Pin là nguồn điện hoá học có cấu tạo gồm hai điện cực nhúng vào dung dịch điện phân. Hai điện cực đó

A. một cực là vật dẫn điện, cực kia là vật cách điện.

B. đều là vật cách điện.

C. là hai vật dẫn cùng chất.

D. là hai vật dẫn khác chất.

Em có biết ?

Hình ở đầu chương là ảnh của acquy lớn nhất thế giới, có công suất 10 MW ở Chin-nô bang Ca-li-fo-ni-a (Mĩ). Acquy này được dùng để cung cấp điện trong các giờ cao điểm và nó được nạp điện vào các giờ thấp điểm.

Bài 12. Điện năng và công suất điện. Định luật Jun - Len-xơ

12 ĐIỆN NĂNG VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN
ĐỊNH LUẬT JUN – LEN-XƠ

Bên trong nguồn điện, có một dạng năng lượng nào đó (hoá năng, cơ năng, nội năng...) được chuyển hoá thành điện năng. Ở bên ngoài nguồn điện (và cả ở bên trong nguồn điện), điện năng này lại chuyển hoá thành năng lượng tương đương thuộc các dạng khác như nội năng, hoá năng, cơ năng.

1. Công và công suất của dòng điện chạy qua một đoạn mạch

a) Công của dòng điện

Khi đặt một hiệu điện thế U vào hai đầu đoạn mạch tiêu thụ điện năng, thì các điện tích tự do (hạt tải điện) có trong đoạn mạch chịu tác dụng của lực điện, chuyển dời có hướng, tạo thành dòng điện chạy qua đoạn mạch. Nếu dòng điện có cường độ I, thì sau một thời gian t sẽ có điện lượng $q = It$ di chuyển trong đoạn mạch và, theo công thức (4.2) lực điện thực hiện một công là :

$$A = qU = UIt \qquad (12.1)$$

Công này được gọi là công của dòng điện.

Vậy, **công của dòng điện chạy qua một đoạn mạch là công của lực điện làm di chuyển các điện tích tự do trong đoạn mạch và bằng tích của hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch với cường độ dòng điện và thời gian dòng điện chạy qua đoạn mạch đó.**

Công của dòng điện chạy qua một đoạn mạch cũng là *điện năng mà đoạn mạch đó tiêu thụ*.

b) Công suất của dòng điện

Công suất của dòng điện chạy qua một đoạn mạch là đại lượng đặc trưng cho tốc độ thực hiện công của dòng điện. Nó có trị số bằng công của dòng điện thực hiện trong một đơn vị thời gian :

$$\mathscr{P} = \frac{A}{t} = UI \qquad (12.2)$$



JUN
(James Prescott Joule, 1818 – 1889, nhà vật lí người Anh)

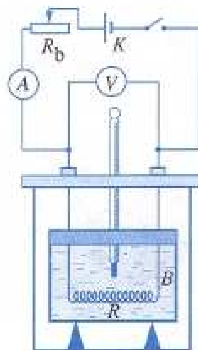


LEN-XƠ
(Henrich Friedric Emil Lenz, 1804 – 1865, nhà vật lí người Nga)

Bài 12 (tiếp)

Công suất của dòng điện chạy qua một đoạn mạch bằng tích của hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch đó.

Công suất của dòng điện chạy qua một đoạn mạch cũng là *công suất điện tiêu thụ của đoạn mạch đó.*



Hình 12.1 Sơ đồ thí nghiệm kiểm chứng định luật Jun – Len-xơ.

Bình nhiệt lượng kế B đựng nước. Vật dẫn có điện trở R được nhúng trong nước.

C1 Nêu nguyên tắc của thí nghiệm kiểm chứng định luật Jun – Len-xơ.

Công suất toả nhiệt $\mathscr{P}$ ở vật dẫn khi có dòng điện chạy qua đặc trưng cho tốc độ toả nhiệt của vật dẫn đó, và được xác định bằng nhiệt lượng toả ra ở vật dẫn đó trong một đơn vị thời gian :

$$\mathscr{P} = RI^2 \qquad (12.5)$$

c) Định luật Jun – Len-xơ

Trong trường hợp đoạn mạch chỉ có điện trở R (đoạn mạch thuần điện trở), công của lực điện chỉ có tác dụng làm tăng nội năng vật dẫn. Kết quả là vật dẫn nóng lên và toả nhiệt ra môi trường xung quanh, đó là tác dụng nhiệt của dòng điện. Như vậy, công thức (12.2) cũng biểu thị nhiệt lượng Q làm tăng nội năng của vật dẫn và toả ra môi trường xung quanh. Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch có điện trở ta có thể viết lại công thức (12.2) dưới các dạng khác nhau :

$$A = Q = UIt = RI^2t \qquad (12.3)$$

Kết quả nói trên đã được hai nhà bác học Jun (người Anh) và Len-xơ (người Nga) cùng tìm ra bằng thực nghiệm vào năm 1843 và được gọi là *định luật Jun – Len-xơ,* phát biểu như sau :

Nhiệt lượng toả ra trên một vật dẫn tỉ lệ thuận với điện trở của vật, với bình phương cường độ dòng điện và với thời gian dòng điện chạy qua vật.

$$Q = RI^2t \qquad (12.4)$$

2. Công và công suất của nguồn điện

a) Công của nguồn điện

Trong một mạch điện kín, nguồn điện thực hiện công, làm di chuyển các điện tích tự do có trong mạch,

tạo thành dòng điện. Công này bao gồm công của lực điện và công của lực lạ. Theo Bài 4, ta có thể suy ra, công của lực điện khi điện tích dịch chuyển theo mạch kín bằng không. Do đó, theo công thức (10.6) công của nguồn điện là :

$$A = q\mathscr{E} = \mathscr{E}It \qquad (12.6)$$

Công của nguồn điện cũng là công của dòng điện chạy trong toàn mạch. Đó cũng là điện năng sản ra trong toàn mạch.

b) Công suất của nguồn điện

Công suất của nguồn điện có giá trị bằng công của nguồn điện thực hiện trong một đơn vị thời gian :

$$\mathscr{P} = \frac{A}{t} = \mathscr{E}I \qquad (12.7)$$

Công suất của nguồn điện có trị số bằng công suất của dòng điện chạy trong toàn mạch. Đó cũng là công suất điện sản ra trong toàn mạch.

Bảng 12.1

Công suất của một số nguồn điện

Nguồn điện	$\mathscr{P}$(W)
Nhà máy thuỷ điện Hoà Bình	$1,92.10^9$
Bộ acquy ô tô khi khởi động	10^3
Thiết bị nạp acquy	10^2
Pin	10
Pin của đồng hồ điện tử	10^{-3}

3. Công suất của các dụng cụ tiêu thụ điện

Các dụng cụ (hay thiết bị) tiêu thụ điện chuyển hoá điện năng thành các dạng năng lượng khác nhau (nội năng, hoá năng, cơ năng...).

Có hai loại dụng cụ tiêu thụ điện là *dụng cụ toả nhiệt* và *máy thu điện*. Máy thu điện là dụng cụ mà phần lớn điện năng được chuyển hoá thành năng lượng khác, không phải là nhiệt.

a) Công suất của dụng cụ toả nhiệt

Trong dụng cụ toả nhiệt (bếp điện, bàn là...), toàn bộ điện năng cung cấp cho dụng cụ được chuyển hoá thành nhiệt. Các dụng cụ loại này chỉ chứa *điện trở*.

Điện năng tiêu thụ của dụng cụ toả nhiệt được tính theo công thức :

$$A = UIt = RI^2t = \frac{U^2}{R}t \qquad (12.8)$$

Bảng 12.2

Giá trị công suất của một số dụng cụ tiêu thụ điện

Dụng cụ tiêu thụ điện	$\mathscr{P}$(W)
Đầu máy xe lửa chạy điện	4.10^6
Bình đun nước	2 500
Máy điều hoà, lò sưởi điện	2 000
Lò nướng bánh	1 000
Máy sấy tóc	1 200
Bàn là	500–1 000
Quạt thông gió, máy giặt	600
Tivi, tủ lạnh	82–120
Đèn dây tóc	75
Đèn pin	2
Điôt phát quang	10^{-1}
Đồng hồ điện tử	10^{-3}



Hình 12.2 Một số thiết bị điện toả nhiệt.

C2 Hãy kể tên một số thiết bị trên Hình 12.2 và cho biết chúng có tác dụng gì ?

Công suất của dụng cụ toả nhiệt được tính theo công thức :

$$\mathscr{P} = \frac{A}{t} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} \quad (12.9)$$

b) Suất phản điện của máy thu điện

Trong máy thu điện, chỉ có một phần Q' của điện năng A cung cấp cho máy chuyển hoá thành nhiệt ở điện trở r_p của máy :

$$Q' = r_p I^2 t \quad (12.10)$$

Phần điện năng còn lại A' được chuyển hoá thành các dạng năng lượng có ích khác. Ví dụ quạt điện, động cơ điện... chuyển hoá điện năng thành cơ năng ; acquy đang được nạp điện, bình điện phân không có hiện tượng dương cực tan (xem Bài 19) chuyển hoá điện năng thành hoá năng. Thí nghiệm chứng tỏ rằng, phần điện năng A' này tỉ lệ với điện lượng q chuyển qua máy thu điện :

$$A' = \mathscr{E}_p q \quad (12.11)$$

trong đó hệ số tỉ lệ $\mathscr{E}_p$ là đại lượng đặc trưng cho máy thu điện, được gọi là *suất phản điện của máy thu điện*. Từ (12.11) ta rút ra công thức :

$$\mathscr{E}_p = \frac{A'}{q} \quad (12.12)$$

Nếu $q = 1$ C thì $\mathscr{E}_p = A'$. Như vậy, **suất phản điện của máy thu điện được xác định bằng điện năng mà dụng cụ chuyển hoá thành dạng năng lượng khác, không phải là nhiệt, khi có một đơn vị điện tích dương chuyển qua máy.**

Suất phản điện có đơn vị là vôn, giống như suất điện động. Trong trường hợp máy thu điện là nguồn điện đang được nạp điện, thì suất phản điện có trị số

Bài 12 (tiếp)

bằng suất điện động của nguồn lúc phát điện ; *dòng điện nạp đi vào cực dương của máy thu điện.*

c) Điện năng và công suất điện tiêu thụ của máy thu điện

Công tổng cộng A mà dòng điện thực hiện ở máy thu điện bằng :

$$A = A' + Q' = \mathscr{E}_p It + r_p I^2 t = UIt \quad (12.13)$$

với U là hiệu điện thế đặt vào máy thu điện. Đó cũng là *điện năng tiêu thụ của máy thu điện* trong khoảng thời gian t.

Công suất của máy thu điện là :

$$\mathscr{P} = \frac{A}{t} = \mathscr{E}_p I + r_p I^2 \quad (12.14)$$

trong đó $\mathscr{P}' = \mathscr{E}_p I$ là công suất có ích của máy thu điện.

C3 Hãy tìm công thức liên hệ giữa hiệu điện thế U đặt vào máy thu điện và suất phản điện $\mathscr{E}_p$ của máy. Từ đó tìm điều kiện về U để máy thu điện hoạt động bình thường.

d) Hiệu suất của máy thu điện

Hiệu suất của máy thu điện là :

$$H = 1 - \frac{r_p}{U} I \quad (12.15)$$

C4 Hãy chứng minh công thức (12.15).

e) Chú ý

Trên các dụng cụ tiêu thụ điện, người ta thường ghi hai chỉ số, đó là công suất điện $\mathscr{P}_đ$ *(công suất định mức)* của dụng cụ, và hiệu điện thế $U_đ$ *(hiệu điện thế định mức)* cần phải đặt vào dụng cụ để nó hoạt động bình thường. Khi hiệu điện thế đặt vào dụng cụ có giá trị đúng bằng $U_đ$, thì công suất tiêu thụ của dụng cụ đúng bằng $\mathscr{P}_đ$ và dòng điện chạy qua dụng cụ có cường độ $I_đ = \frac{\mathscr{P}_đ}{U_đ}$, gọi là *cường độ dòng điện định mức.*

4. Đo công suất điện và điện năng tiêu thụ

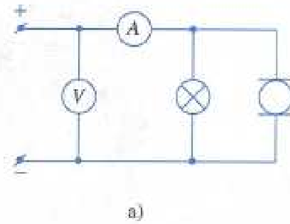
Muốn xác định công suất điện tiêu thụ ở một đoạn mạch, người ta dùng một ampe kế để đo cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch và dùng một vôn kế để đo hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch (Hình 12.3a). Từ đó, tính công suất của dòng điện trên đoạn mạch theo công thức (12.2).

Trong kĩ thuật, người ta chế tạo ra dụng cụ dùng để đo công suất, gọi là *oát kế*. Độ lệch của kim chỉ thị trên mặt chia độ cho ta biết công suất tiêu thụ trong đoạn mạch.

Bài 12 (tiếp)

Để đo công của dòng điện, tức là điện năng tiêu thụ, người ta dùng *máy đếm điện năng* hay *công tơ điện* (Hình 12.3b). Điện năng tiêu thụ thường được tính ra *kilôoát giờ* (kW.h)

$$1\text{kW.h} = 3\ 600\ 000\ \text{J}$$



a)



b)

Hình 12.3 Sơ đồ mạch điện đo công suất điện (a) và công tơ điện xoay chiều (b).

CÂU HỎI

1. Công của dòng điện là gì ?
2. Hãy phát biểu định luật Jun – Len-xơ.
3. Suất phản điện của máy thu điện là gì ?
4. Cùng một dòng điện chạy qua dây dẫn và dây tóc một bóng đèn. Tại sao dây tóc thì nóng đến sáng trắng mà dây dẫn lại hầu như không nóng lên ?

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

   Theo định luật Jun – Len-xơ, nhiệt lượng toả ra trên dây dẫn

   A. tỉ lệ với cường độ dòng điện qua dây dẫn.

   B. tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện.

   C. tỉ lệ nghịch với bình phương cường độ dòng điện.

   D. tỉ lệ với bình phương điện trở của dây dẫn.

Bài 12 (tiếp)

2. Tổ hợp các đơn vị đo lường nào dưới đây **không** tương đương với đơn vị công suất trong hệ SI ?

A. J/s. B. A. V. C. $A^2. \Omega$. D. Ω^2/V.

3. Hai bóng đèn có công suất định mức lần lượt là 25 W và 100 W đều làm việc bình thường ở hiệu điện thế 110 V. Hỏi :

a) Cường độ dòng điện qua bóng đèn nào lớn hơn ?

b) Điện trở của bóng đèn nào lớn hơn ?

c) Có thể mắc nối tiếp hai bóng đèn này vào mạng điện có hiệu điện thế 220 V được không ? Đèn nào sẽ dễ hỏng (cháy) ?

4. Hai bóng đèn có các hiệu điện thế định mức lần lượt là U_1 = 110 V và U_2 = 220 V. Tìm tỉ số các điện trở của chúng nếu công suất định mức của hai bóng đó bằng nhau.

5. Để bóng đèn loại 120 V – 60 W sáng bình thường ở mạng điện có hiệu điện thế là 220 V, người ta mắc nối tiếp với nó một điện trở phụ R. Tìm điện trở phụ đó.

Em có biết ?

• Khi hoạt động, dây điện trở của bếp điện, bàn là, dây tóc bóng đèn có nhiệt độ cao (từ 600°C – 2 500°C). Ở nhiệt độ đó, điện năng tiêu thụ được chuyển hoá, toả ra ngoài dưới dạng nhiệt (bằng đối lưu, dẫn nhiệt và dưới dạng bức xạ). Đối với bóng đèn 100 W thì có một phần công suất, khoảng 30 W, bị tiêu hao (do dẫn nhiệt ở thuỷ tinh, do hiện tượng đối lưu của khí chứa trong bóng đèn). Phần công suất còn lại, 70 W, chủ yếu chuyển thành bức xạ hồng ngoại, chỉ có khoảng 5 W trong đó được phát xạ dưới dạng ánh sáng nhìn thấy. Như vậy, hiệu suất phát sáng của loại đèn này chỉ khoảng 5%.

• Đối với động cơ điện một chiều, thì suất phản điện phụ thuộc vào tốc độ quay (số vòng quay n trong 1 phút), ví dụ như ở trong Bảng 12.3 (với một động cơ công suất lớn).

Bảng 12.3

I (A)	n	$\mathscr{E}_p$ (V)
6	2 340	429
12	1 580	421
18	1 300	417
24	1 150	402

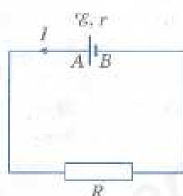
Hiệu suất của động cơ điện trong các đồ chơi vào khoảng 10%, còn với động cơ kĩ thuật có chất lượng cao thì vào khoảng 90%.

Bài 13. Định luật Ôm đối với toàn mạch

13 ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI TOÀN MẠCH



ÔM
(Georg Simon Ohm, 1789 – 1854, nhà vật lí người Đức)



Hình 13.1. Thiết lập định luật Ôm đối với toàn mạch.

1. Định luật Ôm đối với toàn mạch

Mạch điện kín đơn giản nhất gồm một nguồn điện (pin, acquy, hoặc máy phát điện) và một điện trở R, là điện trở tương đương của mạch ngoài bao gồm các vật dẫn nối liền hai cực của nguồn điện (Hình 13.1), thường gọi là *điện trở ngoài*. Nguồn điện có suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r.

Định luật Ôm đối với toàn mạch nêu lên mối liên hệ giữa suất điện động $\mathscr{E}$, cường độ dòng điện chạy trong mạch và *điện trở toàn phần* $(R + r)$ của toàn mạch. Có thể thiết lập định luật Ôm đối với toàn mạch nhờ vận dụng định luật Jun – Len-xơ và định luật bảo toàn năng lượng.

Giả sử dòng điện chạy trong mạch có cường độ I thì trong khoảng thời gian t có điện lượng $q = It$ chuyển qua mạch. Nguồn điện đã thực hiện công A, theo công thức (12.6), bằng :

$$A = q\mathscr{E} = \mathscr{E}It \quad (13.1)$$

Cũng trong khoảng thời gian t đó nhiệt lượng toả ra ở điện trở ngoài R và điện trở trong r, theo định luật Jun – Len-xơ là :

$$Q = RI^2t + rI^2t \quad (13.2)$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng, năng lượng tiêu thụ trên toàn mạch phải bằng năng lượng do nguồn điện cung cấp nghĩa là $Q = A$. Từ đó ta có :

$$\mathscr{E}It = RI^2t + rI^2t$$

hay
$$\mathscr{E} = IR + Ir \quad (13.3)$$

$$\mathscr{E} = I(R + r) \quad (13.4)$$

Người ta gọi tích số của cường độ dòng điện với điện trở của đoạn mạch là độ giảm điện thế trên

Bài 13 (tiếp)

đoạn mạch. Như vậy, theo (13.3) **suất điện động của nguồn điện có giá trị bằng tổng các độ giảm điện thế ở mạch ngoài và mạch trong.**

Từ (13.4) ta rút ra :

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R + r} \qquad (13.5)$$

Công thức (13.5) biểu thị *định luật Ôm đối với toàn mạch*, phát biểu như sau :

Cường độ dòng điện trong mạch kín tỉ lệ thuận với suất điện động của nguồn điện và tỉ lệ nghịch với điện trở toàn phần của mạch.

Nếu gọi $U = IR$ là hiệu điện thế mạch ngoài thì hệ thức (13.3) được viết lại là :

$$U = \mathscr{E} - Ir \qquad (13.6)$$

Hiệu điện thế mạch ngoài cũng là hiệu điện thế U_{AB} giữa cực dương và cực âm của nguồn điện.

Từ (13.6) ta thấy : nếu điện trở trong của nguồn rất nhỏ, không đáng kể ($r \approx 0$), hoặc nếu mạch hở ($I = 0$), thì hiệu điện thế giữa hai cực của một nguồn điện bằng suất điện động của nguồn điện đó.

C1 Xét mạch điện kín gồm nguồn điện có suất điện động $\mathscr{E} = 2$ V, điện trở trong $r = 0,1\ \Omega$ mắc với điện trở ngoài $R = 100\ \Omega$. Tìm hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện.

2. Hiện tượng đoản mạch

Nếu điện trở mạch ngoài nhỏ không đáng kể $R \approx 0$, thì theo công thức (13.5), cường độ dòng điện sẽ lớn nhất và chỉ phụ thuộc vào $\mathscr{E}$ và r của chính nguồn điện :

$$I = \frac{\mathscr{E}}{r} \qquad (13.7)$$

Ta nói rằng nguồn điện bị *đoản mạch*.

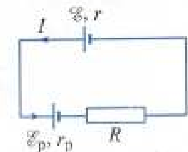
Vì điện trở trong của pin khá lớn (khoảng vài ôm), nên khi pin bị đoản mạch thì dòng điện qua pin cũng không lớn lắm, tuy nhiên sẽ mau hết điện. Nhưng với acquy chì thì điện trở trong khá nhỏ, vào khoảng vài phần trăm ôm, nên khi đoản mạch thì cường độ dòng điện qua acquy sẽ rất lớn, làm hỏng acquy.

Để tránh hiện tượng đoản mạch xảy ra đối với mạng điện ở gia đình, người ta dùng cầu chì hoặc atômat.

Đoản mạch còn gọi là chập mạch hay ngắn mạch.

3. Trường hợp mạch ngoài có máy thu điện

Giả sử trong mạch kín nói trên có thêm máy thu điện (acquy cần nạp điện chẳng hạn) mắc nối tiếp với điện trở R (Hình 13.2). Máy thu điện có suất phản điện $\mathscr{E}_p$ và



Hình 13.2 Mạch ngoài có máy thu điện ($\mathscr{E}_p$, r_p).

Ta có thể chứng minh 13.8 như sau :

Thật vậy, năng lượng tiêu thụ trên toàn mạch bao gồm nhiệt lượng Q toả ra ở các điện trở R, r là :

$$Q = (R + r)I^2t$$

và điện năng tiêu thụ ở máy thu điện, theo công thức (12.13), bằng :

$$A' = \mathscr{E}_p It + r_p I^2 t$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng, năng lượng tiêu thụ trên toàn mạch phải bằng năng lượng $A = \mathscr{E}It$ do nguồn điện cung cấp, nghĩa là :

$$A = Q + A'$$

hay $\mathscr{E}It = (R + r)I^2t + \mathscr{E}_p It + r_p I^2 t$

Từ đó rút ra (13.8).

C2 Hãy chứng minh công thức :

$$H = 1 - \frac{r}{\mathscr{E}}I$$

C3 Trong trường hợp mạch ngoài chỉ có điện trở R, hãy tìm công thức của hiệu suất H trong đó chỉ chứa R và r.

điện trở r_p. Dòng điện I đi vào cực dương của máy thu điện.

Khi đó ta có : $\mathscr{E} - \mathscr{E}_p = I(R + r + r_p)$ (13.8)

hay $$I = \frac{\mathscr{E} - \mathscr{E}_p}{R + r + r_p} \quad (13.9)$$

Công thức (13.9), biểu thị định luật Ôm đối với toàn mạch chứa nguồn và máy thu điện mắc nối tiếp.

4. Hiệu suất của nguồn điện

Công toàn phần của nguồn điện bằng tổng công của dòng điện sản ra ở mạch ngoài và ở mạch trong, trong đó chỉ có công của dòng điện sản ra ở mạch ngoài là công có ích. Như vậy hiệu suất của nguồn điện được tính theo công thức :

$$H = \frac{A_{\text{có ích}}}{A} = \frac{U}{\mathscr{E}} \quad (13.10)$$

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

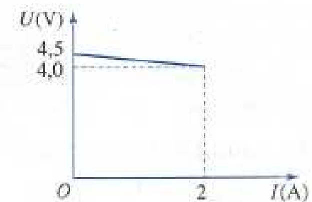
Người ta mắc hai cực của một nguồn điện với một biến trở. Thay đổi điện trở của biến trở, đo hiệu điện thế U giữa hai cực của nguồn điện và cường độ dòng điện I chạy qua mạch, người ta vẽ được đồ thị như trên Hình 13.3. Từ đó tìm được giá trị của suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r của nguồn là :

A. $\mathscr{E} = 4{,}5$ V ; $r = 4{,}5\ \Omega$.

B. $\mathscr{E} = 4{,}5$ V ; $r = 0{,}25\ \Omega$.

C. $\mathscr{E} = 4{,}5$ V ; $r = 1\ \Omega$.

D. $\mathscr{E} = 9$ V ; $r = 4{,}5\ \Omega$.



Hình 13.3

Bài 13 (tiếp)

2. Chọn câu đúng.

Đối với mạch điện kín gồm nguồn điện với mạch ngoài là điện trở thì hiệu điện thế mạch ngoài

A. tỉ lệ thuận với cường độ dòng điện chạy trong mạch.

B. tỉ lệ nghịch với cường độ dòng điện chạy trong mạch.

C. tăng khi cường độ dòng điện chạy trong mạch tăng.

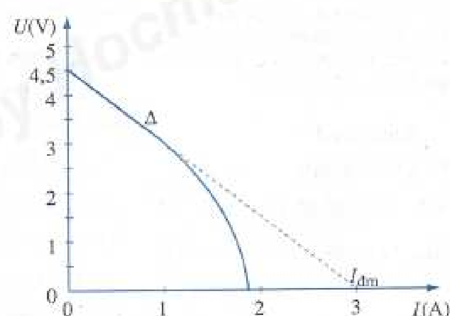
D. giảm khi cường độ dòng điện chạy trong mạch tăng.

3. Một nguồn điện có điện trở trong 0,1 Ω được mắc với điện trở 4,8 Ω thành mạch kín. Khi đó hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện là 12 V. Tính suất điện động của nguồn và cường độ dòng điện trong mạch.

Em có biết ?

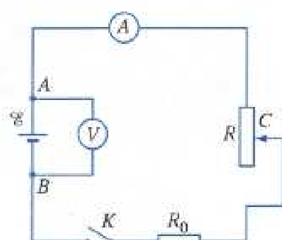
Đối với pin có suất điện động 4,5 V, ta có đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của hiệu điện thế giữa hai cực của pin vào cường độ dòng điện I như trên Hình 13.4.

Đường kéo dài của phần đoạn thẳng Δ của đồ thị cắt trục cường độ dòng điện tại điểm có toạ độ là trị số của cường độ dòng điện đoản mạch ($I_{đm}$) của pin ($I_{đm}$ = 3 A). Sở dĩ một phần đồ thị có dạng đường cong là vì khi cường độ dòng điện qua pin quá lớn, điện trở trong của pin tăng.



Hình 13.4

14 ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI CÁC LOẠI MẠCH ĐIỆN MẮC CÁC NGUỒN ĐIỆN THÀNH BỘ



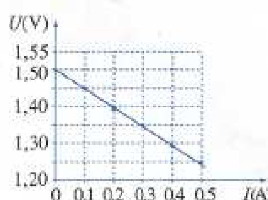
Hình 14.1 Sơ đồ thí nghiệm khảo sát đoạn mạch chứa nguồn điện.

Ban đầu khoá K mở, sau đó K đóng. Dịch chuyển con chạy C của biến trở để tăng dần cường độ I, ghi các cặp giá trị (U_{AB}, I) tương ứng.

Bảng 14.1

Kết quả thí nghiệm

I (A)	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
U_{AB}	1,50	1,45	1,39	1,35	1,29	1,25



Hình 14.2 Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của U vào I đối với pin 1,5 V.

C1 Từ các kết quả nêu ở Bảng 14.1, hãy tính điện trở trong r của pin 1,5 V.

1. Định luật Ôm đối với đoạn mạch có chứa nguồn điện

a) Thí nghiệm khảo sát

Trên Hình 14.1 là sơ đồ mạch điện khảo sát sự phụ thuộc của hiệu điện thế U_{AB} của đoạn mạch $A\mathscr{E}B$ chứa nguồn điện $\mathscr{E}$, vào cường độ dòng điện I chạy trong đoạn mạch.

Dùng nguồn điện là một pin điện hoá ta thu được các kết quả cho trong Bảng 14.1. Hình 14.2 là đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của U_{AB} vào I.

b) Nhận xét

Vì đồ thị là đoạn thẳng có hệ số góc âm, nên có thể viết :

$U_{AB} = a - bI$, với $a = 1,5$ V, nghĩa là ta có $a = \mathscr{E}$. (Khi mạch ngoài để hở, U_{AB} có trị số đúng bằng suất điện động $\mathscr{E}$, xem Bài 13).

Hệ số b có cùng đơn vị đo như điện trở, nên ta có thể kết luận b chính là điện trở trong r của nguồn.

c) Kết luận

Từ các kết quả thí nghiệm ở Bảng 14.1, ta thu được công thức :

$$U_{AB} = V_A - V_B = \mathscr{E} - rI \quad (14.1)$$

hay
$$I = \frac{\mathscr{E} - U_{AB}}{r} = \frac{U_{BA} + \mathscr{E}}{r} \quad (14.2)$$

Các công thức (14.1) và (14.2) biểu thị ***định luật Ôm đối với đoạn mạch chứa nguồn điện.*** Cần chú ý rằng, ở đây dòng điện chạy qua nguồn điện từ cực âm sang cực dương và $V_A > V_B$.

Bài 14 (tiếp)

Nếu trên đoạn mạch AB còn có thêm điện trở R (Hình 14.3) thì các hệ thức (14.1) và (14.2) trở thành :

$$U_{AB} = V_A - V_B = \mathscr{E} - (r + R)I \quad (14.3)$$

$$I = \frac{\mathscr{E} - U_{AB}}{R + r} \quad (14.4)$$



Hình 14.3 Đoạn mạch chứa nguồn điện và điện trở R.

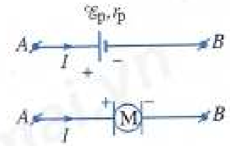
Ta có thể tìm được các hệ thức (14.3) và (14.4) bằng cách áp dụng định luật bảo toàn năng lượng và định luật Jun – Len-xơ cho đoạn mạch có chứa nguồn điện và điện trở R.

C2 Từ các công thức (10.4) và (14.1) hãy chứng minh (14.3).

2. Định luật Ôm đối với đoạn mạch chứa máy thu điện

Xét đoạn mạch AB chứa máy thu điện có suất phản điện $\mathscr{E}_p$, điện trở trong r_p (một acquy đang nạp điện, hay một động cơ điện chẳng hạn, (Hình 14.4)). Đặt vào hai đầu đoạn mạch một hiệu điện thế U, trên mạch có dòng điện I đi vào cực (đầu) dương của máy thu điện. Công của dòng điện sinh ra ở đoạn mạch trong thời gian t là $A = UIt$. Mặt khác, theo (12.13), điện năng tiêu thụ của máy thu điện trong thời gian t là :

$$A_p = \mathscr{E}_p It + r_p I^2 t$$



Hình 14.4 Đoạn mạch điện chứa máy thu điện.

Theo định luật bảo toàn năng lượng, $A = A_p$, ta suy ra :

$$U_{AB} = \mathscr{E}_p + r_p I \quad (14.5)$$

hay

$$I = \frac{U_{AB} - \mathscr{E}_p}{r_p} \quad (14.6)$$



Hình 14.5 Đoạn mạch chứa máy thu điện và điện trở R.

Các công thức (14.5) và (14.6) biểu thị ***định luật Ôm đối với đoạn mạch chứa máy thu điện***. Cần chú ý rằng, ở đây *dòng điện đi vào cực dương của máy thu điện*.

Nếu trên đoạn mạch AB còn có thêm điện trở R (Hình 14.5), thì các công thức (14.5) và (14.6) trở thành :

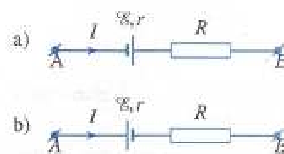
$$U_{AB} = V_A - V_B = \mathscr{E}_p + (r_p + R)I \quad (14.7)$$

hay :

$$I = \frac{U_{AB} - \mathscr{E}_p}{r_p + R} \quad (14.8)$$

C3 Hãy chứng minh công thức (14.7).

Bài 14 (tiếp)



Hình 14.6 Thiết lập công thức tổng quát của định luật Ôm.

Nếu chưa biết chiều dòng điện chạy qua đoạn mạch thì ta giả thiết chiều dòng điện chạy từ A đến B chẳng hạn, để áp dụng các công thức (14.3), (14.7) hoặc (14.10) của định luật Ôm. Nếu cường độ dòng điện tìm được có giá trị dương thì chiều dòng điện đã giả thiết là đúng với chiều của dòng điện chạy qua đoạn mạch ; nếu giá trị đó là âm thì chiều của dòng điện chạy qua đoạn mạch ngược với chiều đã giả thiết.

3. Công thức tổng quát của định luật Ôm đối với các loại đoạn mạch

• Xét đoạn mạch AB có pin hoặc acquy. Kí hiệu I_{AB} là cường độ dòng điện chạy từ A đến B (Hình 14.6) Ta nhận thấy, nếu dòng điện chạy qua pin (acquy) từ cực âm đến cực dương (Hình 14.6a), thì pin (acquy) đóng vai trò nguồn điện. Theo (14.3) ta có :

$$U_{BA} = V_B - V_A = \mathscr{E} - (R + r)I_{AB}$$

hay $$U_{AB} = V_A - V_B = (R + r)I_{AB} - \mathscr{E} \qquad (14.9a)$$

• Nếu dòng điện chạy qua pin (acquy) từ cực dương đến cực âm (Hình 14.6b), thì pin (acquy) đóng vai trò máy thu điện. Theo (14.7) ta có :

$$U_{AB} = V_A - V_B = (R + r)I_{AB} + \mathscr{E} \qquad (14.9b)$$

(vì ở đây $\mathscr{E}_p = \mathscr{E}$).

• Từ hai công thức (14.9a) và (14.9b), ta suy ra công thức tổng quát sau đây của định luật Ôm, áp dụng cho các loại mạch điện :

$$U_{AB} = (R + r)I_{AB} - \mathscr{E} \qquad (14.10)$$

hay $$I_{AB} = \frac{U_{AB} + \mathscr{E}}{R + r}$$

với quy ước $\mathscr{E}$ *là đại lượng đại số* : $\mathscr{E}$ nhận giá trị dương khi dòng điện I_{AB} chạy qua pin (acquy) từ cực âm đến cực dương, tức là khi pin (acquy) đóng vai trò nguồn điện, và nhận giá trị âm khi pin (acquy) đóng vai trò máy thu điện (dòng điện I_{AB} chạy qua pin (acquy) từ cực dương đến cực âm).

4. Mắc các nguồn điện thành bộ

Người ta thường mắc các nguồn điện thành bộ theo hai cách : mắc nối tiếp và mắc song song.

a) Mắc nối tiếp

Các nguồn điện $\mathscr{E}_1$, $\mathscr{E}_2$, ..., $\mathscr{E}_n$, mắc nối tiếp với nhau khi cực âm của nguồn $\mathscr{E}_1$ nối với cực dương của nguồn $\mathscr{E}_2$,... để thành một dãy liên tiếp như

sơ đồ Hình 14.7. Đầu A là cực dương, còn đầu B là cực âm của bộ nguồn. Vì khi mạch hở, hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện bằng suất điện động của nó và vì hai cực nối với nhau có cùng một điện thế, nên hiệu điện thế giữa hai cực của bộ nguồn khi mạch hở, tức là suất điện động $\mathscr{E}_b$ của bộ nguồn, bằng tổng các suất điện động của các nguồn trong bộ :



Hình 14.7 Mắc nối tiếp.

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2 + ... + \mathscr{E}_n \qquad (14.11)$$

Điện trở trong của bộ nguồn điện mắc nối tiếp bằng tổng điện trở trong của các nguồn trong bộ :

$$r_b = r_1 + r_2 + ... + r_n \qquad (14.12)$$

C4 Áp dụng định luật Ôm, hãy chứng minh các công thức (14.11) và (14.12).

Trong trường hợp riêng, nếu các nguồn giống nhau, cùng có suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r mắc nối tiếp, thì :

$$\mathscr{E}_b = n\mathscr{E} \text{ và } r_b = nr \qquad (14.13)$$

b) Mắc xung đối

Khi có hai nguồn điện mà cực âm (hoặc cực dương) của nguồn này nối với cực âm (hoặc cực dương) của nguồn kia thì ta nói rằng hai nguồn đó mắc xung đối (Hình 14.8). Với $\mathscr{E}_1 > \mathscr{E}_2$ thì ở Hình 14.8a, A là cực dương còn B là cực âm của bộ nguồn. Nguồn $\mathscr{E}_1$ có suất điện động lớn hơn là *nguồn phát* (dòng điện đi ra từ cực dương của nó), còn nguồn $\mathscr{E}_2$ trở thành *máy thu điện*. Suất điện động của bộ nguồn này có trị số bằng hiệu số hai suất điện động :





Hình 14.8 Mắc xung đối.

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2 \qquad (14.14)$$

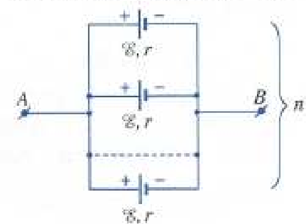
Điện trở trong của bộ nguồn là :

$$r_b = r_1 + r_2 \qquad (14.15)$$

C5 Áp dụng định luật Ôm, hãy chứng minh công thức (14.14).

c) Mắc song song

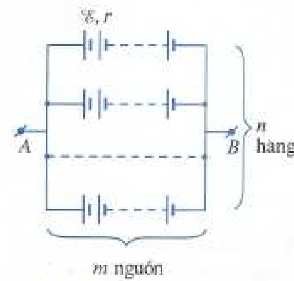
Giả sử có n nguồn điện *giống nhau* mắc song song, các cực cùng tên được nối với nhau vào cùng một điểm (Hình 14.9), A là cực dương và B là cực âm của bộ nguồn. Hiệu điện thế giữa hai cực của bộ



Hình 14.9 Mắc song song.

Bài 14 (tiếp)

C6 Áp dụng định luật Ôm hãy chứng minh các công thức (14.16) và (14.17).



Hình 14.10 Mắc hỗn hợp đối xứng.

C7 Hãy chứng minh các công thức (14.18) và (14.19).

nguồn bằng hiệu điện thế giữa hai cực mỗi nguồn. Vì vậy, khi để mạch ngoài hở, hiệu điện thế giữa hai cực của bộ nguồn bằng suất điện động của bộ nguồn và chỉ bằng suất điện động của một nguồn. Còn điện trở trong của bộ nguồn bằng $\frac{r}{n}$, với r là điện trở trong của một nguồn.

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E} \qquad (14.16)$$

$$r_b = \frac{r}{n} \qquad (14.17)$$

d) Mắc hỗn hợp đối xứng

Nếu bộ nguồn có các nguồn điện giống nhau được mắc thành n hàng (dãy), mỗi hàng có m nguồn mắc nối tiếp (Hình 14.10) (mắc kiểu hỗn hợp đối xứng) thì suất điện động của bộ nguồn chỉ bằng suất điện động của một hàng, nghĩa là :

$$\mathscr{E}_b = m\mathscr{E} \qquad (14.18)$$

Điện trở trong của bộ nguồn nhỏ hơn điện trở trong của một hàng n lần :

$$r_b = \frac{mr}{n} \qquad (14.19)$$

CÂU HỎI

1. Hãy thiết lập định luật Ôm đối với đoạn mạch chứa nguồn điện dựa vào định luật bảo toàn năng lượng và định luật Jun – Len-xơ.
2. Hãy viết biểu thức tính cường độ dòng điện trong mạch kín chứa nguồn điện và một điện trở ngoài R cho từng trường hợp mắc nguồn thành bộ.

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

   Một nguồn điện với suất điện động $\mathscr{E}$, điện trở trong r, mắc với một điện trở ngoài $R = r$; cường độ dòng điện trong mạch là I. Nếu thay nguồn điện đó bằng ba nguồn điện giống hệt nó mắc song song thì cường độ dòng điện trong mạch

   A. vẫn bằng I.

   B. bằng $1,5I$.

   C. bằng $\frac{I}{3}$.

   D. giảm đi một phần tư.

Bài 14 (tiếp)

2. Chọn phương án đúng.

Một nguồn điện với suất điện động $\mathscr{E}$, điện trở trong r, mắc với điện trở ngoài $R = r$ thì cường độ dòng điện trong mạch là I. Nếu thay nguồn điện bằng ba nguồn điện giống hệt nó mắc nối tiếp, thì cường độ dòng điện trong mạch

A. bằng $3I$. B. bằng $2I$. C. bằng $1,5I$. D. bằng $2,5I$.

3. Cho mạch điện có sơ đồ như Hình 14.11, trong đó : $\mathscr{E}_1 = 8$ V ; $r_1 = 1,2\ \Omega$; $\mathscr{E}_2 = 4$ V ; $r_2 = 0,4\ \Omega$; $R = 28,4\ \Omega$; hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch đo được là $U_{AB} = 6$ V.

a) Tính cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch và cho biết chiều của nó.

b) Cho biết mạch điện này chứa nguồn điện nào và chứa máy thu nào ? Vì sao ?

c) Tính hiệu điện thế U_{AC} và U_{CB}.

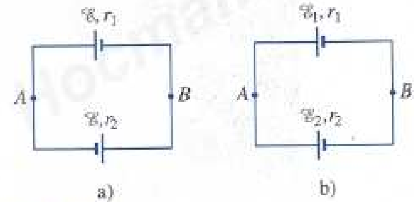


Hình 14.11

4. Hai pin được ghép với nhau theo các sơ đồ ở Hình 14.12. Tìm cường độ dòng điện trong mạch và hiệu điện thế giữa hai điểm A, B trong các trường hợp :

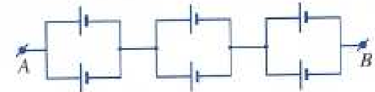
a) Hai pin ghép nối tiếp (Hình 14.12a) có suất điện động bằng nhau và bằng $\mathscr{E}$, còn điện trở trong r_1 và r_2 khác nhau.

b) Hai pin ghép xung đối (Hình 14.12b) có suất điện động và điện trở trong tương ứng là $\mathscr{E}_1$, r_1 và $\mathscr{E}_2$, r_2 ($\mathscr{E}_1 > \mathscr{E}_2$).



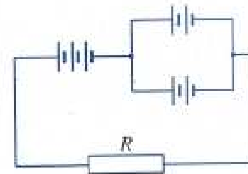
Hình 14.12

5. Tìm suất điện động và điện trở trong của nguồn điện gồm 6 acquy mắc như Hình 14.13. Cho biết mỗi acquy có $\mathscr{E} = 2$ V ; $r = 1\ \Omega$.



Hình 14.13

6. Cho mạch điện như Hình 14.14. Mỗi pin có $\mathscr{E} = 1,5$ V ; $r = 1\ \Omega$. Điện trở mạch ngoài $R = 3,5\ \Omega$. Tìm cường độ dòng điện ở mạch ngoài.



Hình 14.14

Bài 14 (tiếp)

Em có biết ?

Cá kình điện (Electrophorus) phát ra dòng điện bằng các bản điện. Đó là các nguồn điện sinh học. Bộ nguồn điện của cá kình điện Nam Mĩ (Hình 14.15) gồm các bản điện (nguồn) được xếp thành 140 dãy, mỗi dãy chứa 5 000 bản điện ghép nối tiếp, mỗi bản này có suất điện động 0,15 V, và điện trở trong r = 0,25 Ω. Như vậy, bộ nguồn sinh học của cá có suất điện động $\mathscr{E}_b$ = 750 V và điện trở trong r_b = 8,93 Ω. Nếu nước có điện trở R = 800 Ω, thì dòng điện mà cá phóng qua nước từ đầu đến đuôi của nó bằng 0,93 A. Nhờ đó, cá kình điện có thể giết chết con cá mà nó bắt làm mồi. Thế nhưng, dòng điện chạy qua các bộ phận thân thể của cá điện lại chỉ bằng 0,0066 A mà thôi ! Em hãy kiểm tra lại kết quả đó.



Hình 14.15 Cá kình điện Nam Mĩ.

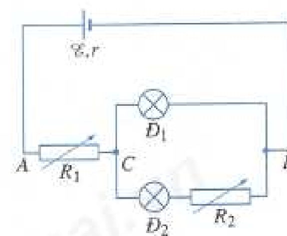
Bài 15. Bài tập về định luật Ôm và công suất điện

15 BÀI TẬP VỀ ĐỊNH LUẬT ÔM VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN

1. Cho mạch điện như Hình 15.1, trong đó nguồn điện có suất điện động $\mathscr{E} = 6,6$ V, điện trở trong $r = 0,12\ \Omega$; bóng đèn $Đ_1$ thuộc loại 6 V – 3 W ; bóng đèn $Đ_2$ thuộc loại 2,5 V – 1,25 W.

a) Điều chỉnh R_1 và R_2 sao cho đèn $Đ_1$ và đèn $Đ_2$ sáng bình thường. Tính các giá trị của R_1 và R_2 khi đó.

b) Giữ nguyên giá trị đó của R_1, điều chỉnh biến trở R_2 sao cho nó có giá trị $R'_2 = 1\ \Omega$. Khi đó độ sáng của các bóng đèn thay đổi thế nào so với trường hợp a) ? Giả thiết điện trở không phụ thuộc nhiệt độ.



Hình 15.1

Bài giải

Cường độ dòng điện định mức và điện trở của các bóng đèn là :

$$I_{d_1} = \frac{\mathscr{P}_1}{U_1} = 0,5\text{ A} ;\ R_{d_1} = \frac{U_1^2}{\mathscr{P}_1} = 12\ \Omega$$

$$I_{d_2} = \frac{\mathscr{P}_2}{U_2} = 0,5\text{ A} ;\ R_{d_2} = \frac{U_2^2}{\mathscr{P}_2} = 5\ \Omega$$

a) Vì các đèn sáng bình thường, ta có :

$U_{CB} = U_1 = 6$ V ; $U_2 = 2,5$ V, suy ra

$U_{R_2} = U_{CB} - U_2 = 3,5$ V

Hơn nữa : $I_{R_2} = I_{d_2} = 0,5$ A

Suy ra : $R_2 = \dfrac{U_{R_2}}{I_{R_2}} = 7\ \Omega$

Ngoài ra : $I = I_{R_1} = I_{d_1} + I_{d_2} = 1$ A

từ đó : $U_{AB} = \mathscr{E} - Ir = 6,6 - 1.0,12 = 6,48$ V

$U_{R_1} = U_{AC} = U_{AB} - U_{CB} = 6,48 - 6 = 0,48$ V

Bài 15 (tiếp)

suy ra : $R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}} = 0,48\ \Omega$

b) Với $R'_2 = 1\ \Omega$ ta có :

$$R_{CB} = \frac{R_{đ_1}(R'_2 + R_{đ_2})}{R_{đ_1} + R'_2 + R_{đ_2}} = 4\ \Omega$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{CB} = 4,48\ \Omega$$

Cường độ dòng điện trong mạch chính là :

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_{AB} + r} = 1,43\ \text{A}$$

từ đó $U_{CB} = IR_{CB} = 5,74\ \text{V}$

Hiệu điện thế trên đèn $Đ_1$ bây giờ là :

$$U'_1 = U_{CB} = 5,74\ \text{V}$$

Vì $U'_1 < U_1$ nên đèn $Đ_1$ kém sáng hơn trước.

Cường độ dòng điện qua đèn $Đ_2$ bây giờ là :

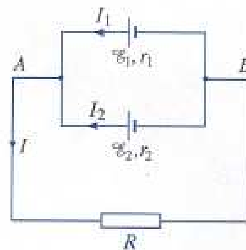
$$I'_2 = \frac{U_{CB}}{R'_2 + R_{đ_2}} = 0,95\ \text{A}$$

Như vậy $I'_2 > I_{đ_2}$: đèn $Đ_2$ bây giờ sáng hơn trước nhiều và có thể bị cháy.

2. Cho mạch điện có sơ đồ như Hình 15.2. Các nguồn điện có suất điện động và điện trở trong tương ứng là $\mathscr{E}_1, r_1$, và $\mathscr{E}_2, r_2$ ($\mathscr{E}_1 > \mathscr{E}_2$).

a) Tìm công thức của U_{AB}.

b) Với những giá trị nào của R thì nguồn $\mathscr{E}_2$ là nguồn phát điện ($I_2 > 0$), không phát không thu ($I_2 = 0$), và là máy thu điện ($I_2 < 0$) ?



Hình 15.2

Bài giải

a) Áp dụng công thức của định luật Ôm cho ba đoạn mạch :

$$I_1 = \frac{U_{BA} + \mathscr{E}_1}{r_1} \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{U_{BA} + \mathscr{E}_2}{r_2} \quad (2)$$

Bài 15 (tiếp)

$$I = \frac{U_{AB}}{R} \quad (3)$$

Tại nút A ta có : $I = I_1 + I_2$ (4)

Rút ra : $$U_{AB} = \frac{\frac{\mathscr{E}_1}{r_1} + \frac{\mathscr{E}_2}{r_2}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} \quad (5)$$

b) Nếu $\mathscr{E}_2$ là nguồn phát điện, $I_2 > 0$, từ (2) rút ra :

$$U_{AB} = \mathscr{E}_2 - I_2 r_2 < \mathscr{E}_2 \quad (6)$$

và từ (5) và (6) : $R < \frac{\mathscr{E}_2}{\mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2} r_1$

Nếu $\mathscr{E}_2$ không phát cũng không thu, $I_2 = 0$:

$U_{AB} = \mathscr{E}_2$, suy ra $R = \frac{\mathscr{E}_2}{\mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2} r_1$

Nếu $\mathscr{E}_2$ là máy thu điện, $I_2 < 0$, $U_{AB} > \mathscr{E}_2$ và $R > \frac{\mathscr{E}_2}{\mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2} r_1$

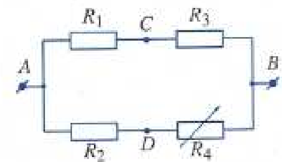
3. Cho mạch điện có sơ đồ như ở Hình 15.3, cho biết $R_1 = 400\ \Omega$; $R_2 = R_3 = 600\ \Omega$; R_4 là một biến trở. Đặt vào hai đầu mạch điện một hiệu điện thế $U_{AB} = 3,3$ V.

1. Mắc vào giữa C, D một ampe kế có điện trở rất nhỏ, không đáng kể và điều chỉnh $R_4 = 1400\ \Omega$. Tìm số chỉ ampe kế và chiều của dòng điện qua ampe kế.

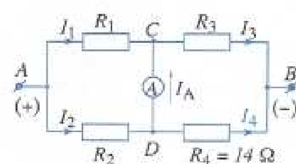
2. Thay ampe kế bằng một vôn kế có điện trở rất lớn.

a) Tìm số chỉ vôn kế. Cho biết cực dương của vôn kế phải mắc vào điểm nào.

b) Điều chỉnh R_4 cho đến khi vôn kế chỉ số 0 (mạch cầu cân bằng). Tìm hệ thức giữa các điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 và tính R_4 khi đó. Khi đó, nếu thay vôn kế bằng một điện trở $R_5 = 1000\ \Omega$ thì cường độ dòng điện qua các điện trở và qua mạch chính thay đổi thế nào ?



Hình 15.3



Hình 15.4

Bài giải

1. Mạch điện có sơ đồ như ở Hình 15.4. Vì $R_A \approx 0$ nên có thể chập các điểm C, D làm một và các điện trở mắc theo sơ đồ : (R_1 // R_2) nt (R_3 // R_4).

Ta có $\quad R_{12} = \dfrac{R_1.R_2}{R_1 + R_2} = 240\ \Omega$

$$R_{34} = \frac{R_3.R_4}{R_3 + R_4} = 420\ \Omega$$

$$R_{AB} = R_{12} + R_{34} = 660\ \Omega\ ;\ I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = 5\ \text{mA}$$

Chiều các dòng điện qua các điện trở như trên Hình 15.4. Để tìm dòng điện qua ampe kế, ta tính I_1 và I_3 (hoặc I_2 và I_4).

Ta có $\quad U_{AC} = U_1 = U_2 = IR_{12} = 1{,}2\ \text{V}$

$$U_{CB} = U_3 = U_4 = IR_{34} = 2{,}1\ \text{V}$$

từ đó $\quad I_1 = \dfrac{U_1}{R_1} = \dfrac{1{,}2}{400} = 3\ \text{mA}$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{2{,}1}{600} = 3{,}5\ \text{mA}$$

Ta thấy $I_3 > I_1$, do đó tại nút C phải có $I_3 = I_1 + I_A$ nghĩa là dòng điện chạy qua ampe kế theo chiều từ D đến C như trên Hình 15.4 và số chỉ ampe kế là :

$$I_A = I_3 - I_1 = 0{,}5\ \text{mA}$$

2. a) Vì vôn kế có điện trở rất lớn nên $I_1 = I_3$, $I_2 = I_4$ và các điện trở mắc theo sơ đồ : (R_1 nt R_3) // (R_2 nt R_4).

Ta có $\quad I_1 = I_3 = \dfrac{U_{AB}}{R_1 + R_3}\ ;\quad I_2 = I_4 = \dfrac{U_{AB}}{R_2 + R_4}$

$$U_{AC} = U_1 = I_1R_1 = U_{AB}\frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_{AD} = U_2 = I_2R_2 = U_{AB}\frac{R_2}{R_2 + R_4}$$

Từ đó :

$$U_{CD} = U_{CA} + U_{AD} = U_{AD} - U_{AC} = U_{AB}\left(\frac{R_2}{R_2 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_3}\right)$$

Bài đọc thêm: Điện tâm đồ

$$\Rightarrow U_{CD} = U_{AB}\frac{(R_2R_3 - R_1R_4)}{(R_2 + R_4)(R_1 + R_3)}$$

Thay số ta được $U_{CD} = -0,33$ V, nghĩa là $V_C < V_D$; vôn kế chỉ $U_V = 0,33$ V và cực dương vôn kế mắc vào điểm D.

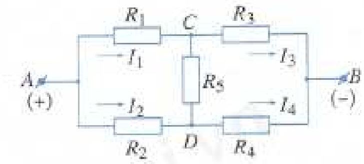
b) Muốn cho vôn kế chỉ số 0, phải có :

$$U_{CD} = 0, \text{ suy ra } R_2R_3 = R_1R_4 \text{ hay } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (1)$$

Khi đó, nếu thay vôn kế bằng điện trở R_5 thì cường độ dòng điện qua các điện trở và qua mạch chính không thay đổi.

Mạch gồm 5 điện trở mắc như Hình 15.5 được gọi là mạch cầu điện trở. *Công thức (1) biểu thị điều kiện mạch cầu cân bằng* (không có dòng điện qua R_5).

Từ đó $R_4 = \frac{R_2R_3}{R_1} = \frac{600.600}{400} = 900\ \Omega$



Hình 15.5

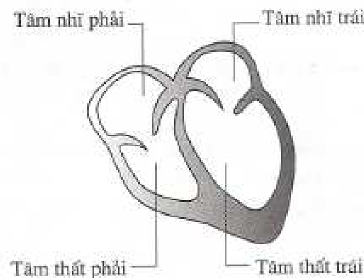
BÀI ĐỌC THÊM

ĐIỆN TÂM ĐỒ

Điện tâm đồ ghi lại các xung điện xuất hiện khi tim co bóp. Năm 1903, nhờ một điện kế đơn giản, nhà sinh lí học người Hà Lan En-thô-ven (William Einthoven) lần đầu tiên đã ghi được dòng điện sinh ra bởi sự thay đổi điện thế của các sợi cơ tim.

1. Nguyên tắc của phương pháp điện tâm đồ

a) Các thí nghiệm cho thấy, các tế bào động vật có dư điện tích âm bên trong màng tế bào và có dư điện tích dương ở bên ngoài màng. Điện áp giữa hai mặt của màng tế bào thần kinh hoặc tế bào cơ là 90 mV. Khi tế bào bị kích thích hoạt động, có sự dịch chuyển của các điện tích qua màng tế bào, tạo ra một xung điện thế hoạt động. Các xung điện thế này đặc biệt mạnh ở cơ tim và có thể ghi lại được.



Hình 15.6 Mô hình tim.



Hình 15.7 Vị trí đặt 6 điện cực.

Bài đọc thêm (tiếp)

b) Khi tim co bóp, hai nhóm cơ tâm nhĩ và tâm thất có vai trò như các cực của nguồn điện (Hình 15.6). Khi đó, chúng tạo ra các hiệu điện thế (điện áp) giữa các điểm bên ngoài tim. Phép điện tâm đồ nhằm ghi lại các điện áp nhờ các điện cực được đặt đúng vị trí : ba điện cực đặt vào các chi (các cổ tay phải và trái, chân trái) ; sáu điện cực được đặt vào lồng ngực ngang tầm với tim và ở xung quanh vùng tim (Hình 15.7).

2. Ghi điện tâm đồ

Các cực nói trên được liên tiếp nối vào hai cực của một vôn kế cho phép ghi lại trên tờ giấy kẻ li, hoặc quan sát được trên màn hình của máy ghi. Hiệu điện thế sẽ tạo nên sự dịch chuyển của bút ghi trên một tờ giấy được kéo đi với vận tốc không đổi, hoặc sự dịch chuyển của chấm sáng màn hình.

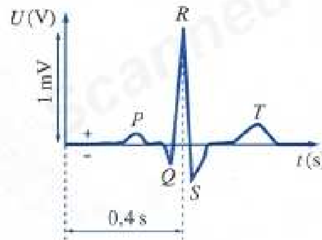
Dạng của đồ thị ghi được nói chung là giống như đồ thị trên Hình 15.8, bao gồm :

– Xung P : Đó là một điện áp dương nhỏ hơn 0,3 mV kéo dài trong khoảng 0,08 s đến 0,12 s. Xung này mô tả sự co bóp của các tâm nhĩ (tâm thu nhĩ).

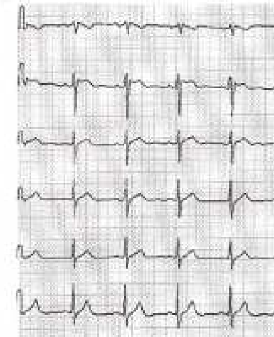
– Xung P-Q : Xung này tuỳ thuộc vào tuổi tác và vào tần số tim của mỗi người, xung này kéo dài 0,12 s đến 0,2 s và nó mô tả sự truyền dẫn tín hiệu giữa các tâm nhĩ và tâm thất.

– Xung Q-R-S : Thông thường, xung này gồm hai phần âm Q, S và phần dương R. Xung này kéo dài trong khoảng 0,06 s đến 0,1 s và mô tả sự co bóp của các tâm thất (tâm thất thu).

– Xung T : Xung này bắt đầu bằng đoạn đi lên chậm và kết thúc bằng một sự giảm nhanh với biên độ trong khoảng 0,3 mV đến 1,5 mV tuỳ theo điện cực. Xung này tương ứng với sự tái phân cực (thay đổi cực) của tâm thất, chuẩn bị cho một đợt co bóp mới. Hình 15.9 là điện tâm đồ đã ghi được.



Hình 15.8 Dạng xung điện.



Hình 15.9 Điện tâm đồ của một người cao tuổi.

3. Lợi ích thực tế

Điện tâm đồ cho phép ta kiểm tra tần số và sự điều hoà của nhịp tim, tốc độ truyền tín hiệu điện và sự gia tăng bệnh lí của các khoang tim khác nhau. Người ta thu nhận được các dấu hiệu rất nhạy với viêm họng ở lồng ngực và chứng nhồi máu cơ tim. Làm điện tâm đồ thường xuyên là một biện pháp theo dõi sức khoẻ rất tốt cho trường hợp cần quan tâm điều trị bệnh. Người ta đã chế tạo một thiết bị xách tay cho phép ghi điện tâm đồ thường xuyên 24/24 h.

Bài 16. Thực hành: Đo suất điện động và điện trở trong của nguồn điện

16 Thực hành : ĐO SUẤT ĐIỆN ĐỘNG VÀ ĐIỆN TRỞ TRONG CỦA NGUỒN ĐIỆN

1. Mục đích

• Làm được thí nghiệm để xác định suất điện động và điện trở trong của một pin.

• Củng cố kĩ năng sử dụng vôn kế, ampe kế ; tính toán sai số và sử dụng đồ thị ; rèn kĩ năng hoạt động theo nhóm trong thực hành thí nghiệm.

• Hiểu rõ hơn về vai trò của điện trở trong và mối liên hệ của nó với mạch ngoài trong thực tế.

2. Cơ sở lí thuyết

• Định luật Ôm đối với đoạn mạch và đối với toàn mạch.

$U_{AB} = V_A - V_B = \mathscr{E} - rI$

• Cấu tạo và hoạt động của pin.

3. Phương án thí nghiệm

a) Phương án 1

• Dụng cụ thí nghiệm

– Một pin cũ (gần hết điện, loại 1,5 V).

– Một pin mới cùng loại.

– Một biến trở.

– Một vôn kế 3 – 6 V.

– Một ampe kế 0,5 – 3 A (hoặc miliampe kế như Hình 16.1).

– Một ngắt điện.

– Bảng điện, dây nối.

Lưu ý : Có thể sử dụng các máy đo hiện số (xem Phụ lục 1).

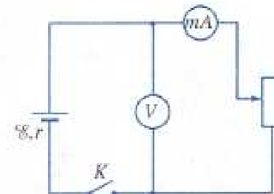
• Tiến trình thí nghiệm

– Kiểm tra dụng cụ.

– Vẽ sơ đồ mạch điện (Hình 16.2).



Hình 16.1 *Miliampe kế.*



Hình 16.2 *Mạch điện xác định ℰ, r.*

Bài 16 (tiếp)

– Lắp ráp mạch điện, kiểm tra mạch (chú ý chọn thang đo thích hợp của vôn kế và ampe kế).

– Đầu tiên, làm thí nghiệm với pin cũ.

+ Điều chỉnh biến trở tới hai vị trí bất kì, đọc các cặp số đo tương ứng của vôn kế và ampe kế U_1, I_1 và U_2, I_2.

+ Làm ba lần như trên.

– Lặp lại cách đo với một pin mới.

– Ghi kết quả thí nghiệm vào bảng.

– Lập hệ hai phương trình :

$$U_1 = \mathscr{E} - I_1 r$$
$$U_2 = \mathscr{E} - I_2 r$$

– Giải hệ phương trình, tính giá trị trung bình với sai số của $\mathscr{E}$ và r.

b) Phương án 2

Dựa trên đồ thị $U = f(I)$ của phương trình định luật Ôm đối với toàn mạch :

$$U = \mathscr{E} - rI$$

• Dụng cụ thí nghiệm

– Một biến trở.

– Một pin cũ (gần hết điện, loại 1,5 V).

– Một vôn kế.

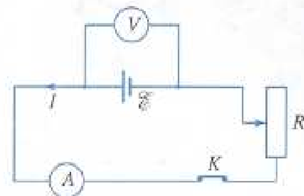
– Một ampe kế (hoặc miliampe kế).

– Một ngắt điện K.

• Tiến trình thí nghiệm

– Mắc mạch theo sơ đồ Hình 16.3.

– Mở khoá K, đặt R ở vị trí có điện trở lớn nhất.



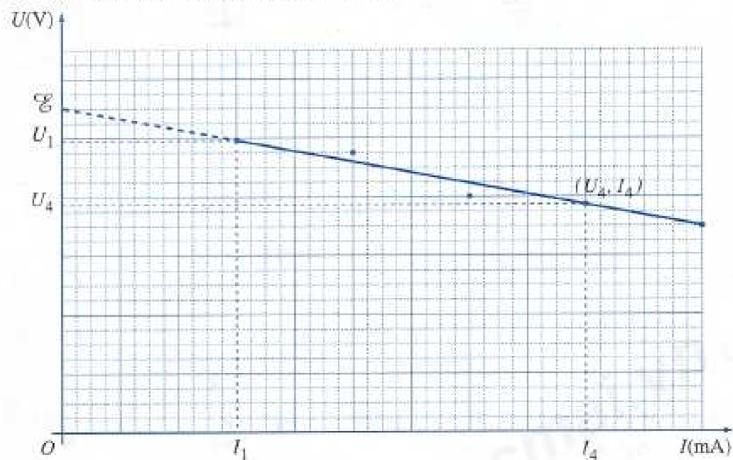
Hình 16.3

– Đóng K, ghi giá trị của U, I đo được nhờ vôn kế và ampe kế.

– Dịch chuyển R đến các vị trí khác, ghi các cặp giá trị U, I tương ứng với từng vị trí.

– Lập bảng số liệu, vẽ đồ thị $U = f(I)$ theo các cặp giá trị.

– Từ bảng số liệu, đánh dấu các điểm thực nghiệm trên hệ trục toạ độ (tham khảo Hình 16.4).



Hình 16.4

– Vẽ đường thẳng đi gần nhất các điểm thực nghiệm. Đây chính là đồ thị của phương trình :

$$U = \mathscr{E} - rI$$

– Kéo dài đồ thị cho cắt trục tung $U(V)$. Giao điểm chính là trị số của suất điện động $\mathscr{E}$.

– Chọn hai điểm trên đồ thị, xác định các giá trị U, I tương ứng, ta sẽ tính được điện trở trong

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

– Có thể ước lượng sai số theo đồ thị.

4. Báo cáo thí nghiệm

a) Mục đích thí nghiệm.

b) Cơ sở lí thuyết.

c) Tiến trình thí nghiệm.

d) Kết quả thí nghiệm : Lập bảng số liệu (tham khảo Bảng 16.1), vẽ đồ thị. Tìm giá trị gần đúng và tính sai số.

Bài 16 (tiếp)

Bảng 16.1

Đại lượng	U_1	I_1	U_2	I_2	$\mathscr{E}$ (V)	r (Ω)
Đo lần 1						
Đo lần 2						
Đo lần 3						

e) Nhận xét ưu, nhược điểm của phép đo. Nêu một cách đo khác.

CÂU HỎI

Tại sao trong thí nghiệm đo suất điện động và điện trở trong của pin, ta nên dùng pin cũ (gần hết điện) ? Nếu dùng pin mới có được không ?

BÀI TẬP

1. Hãy chọn một trong các ampe kế có giới hạn đo (GHĐ) khác nhau dưới đây để có số đo gần đúng nhất trong thí nghiệm đo suất điện động và điện trở trong của một pin cũ :

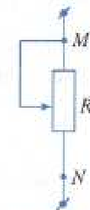
A. GHĐ là 1 A.

B. GHĐ là 0,2 A.

C. GHĐ là 50 mA.

D. GHĐ là 3 A.

2. Trong thí nghiệm trên, một bạn đã nối hai cực của biến trở như Hình 16.5 rồi mới mắc M, N vào mạch điện. Hỏi dạng của đồ thị thu được có thay đổi không ? Tại sao ?



Hình 16.5

Tóm tắt chương II

TÓM TẮT CHƯƠNG II

1. Dòng điện

• Dòng điện là dòng dịch chuyển có hướng của các hạt tải điện, có chiều quy ước là chiều chuyển động của các điện tích dương. Tác dụng đặc trưng của dòng điện là tác dụng từ. Ngoài ra dòng điện còn có thể có các tác dụng nhiệt, hoá và một số tác dụng khác.

• Cường độ dòng điện là đại lượng đặc trưng định lượng cho tác dụng của dòng điện.

Đối với dòng điện không đổi thì $I = \frac{q}{t}$.

2. Nguồn điện

Nguồn điện là thiết bị được dùng để tạo ra và duy trì hiệu điện thế, nhằm duy trì dòng điện. Suất điện động của nguồn điện được xác định bằng thương số giữa công của lực lạ làm dịch chuyển điện tích dương q bên trong nguồn điện và độ lớn của điện tích q đó.

$$\mathscr{E} = \frac{A}{q}$$

Máy thu điện chuyển hoá một phần điện năng tiêu thụ thành các dạng năng lượng có ích khác, ngoài nhiệt. Khi nguồn điện đang được nạp điện, nó là máy thu điện với suất phản điện có trị số bằng suất điện động của nguồn điện lúc phát điện.

3. Định luật Ôm

• Định luật Ôm đối với đoạn mạch chỉ chứa điện trở R :

$$I = \frac{U}{R}, \text{ hay } U_{AB} = V_A - V_B = IR$$

Tích IR gọi là độ giảm điện thế trên điện trở R. Đặc trưng vôn – ampe của điện trở thuần có đồ thị là đoạn thẳng qua gốc toạ độ.

• Định luật Ôm đối với toàn mạch :

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}$$

• Định luật Ôm đối với đoạn mạch chứa nguồn điện :

$$U_{AB} = V_A - V_B = \mathscr{E} - I_{BA}r, \text{ hay } I_{BA} = \frac{\mathscr{E} - U_{AB}}{r}$$

(dòng điện chạy từ B đến A, qua nguồn từ cực âm sang cực dương).

Tóm tắt chương II (tiếp)

Định luật Ôm đối với đoạn mạch chứa máy thu điện :

$$U_{AB} = V_A - V_B = I_{AB}r_p + \mathscr{E}_p \text{ , hay } I_{AB} = \frac{U_{AB} - \mathscr{E}_p}{r_p}$$

Dòng điện chạy từ A đến B, qua máy thu điện từ cực dương đến cực âm.

4. Mắc các nguồn điện thành bộ

Mắc nối tiếp :

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2 + ... + \mathscr{E}_n$$

$$r_b = r_1 + r_2 + ... + r_n$$

Trường hợp hai nguồn điện mắc xung đối : Nếu $\mathscr{E}_1 > \mathscr{E}_2$ thì

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2$$

và dòng điện đi ra từ cực dương của $\mathscr{E}_1$.

Mắc song song :

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E} \text{ và } r_b = \frac{r}{n}$$

5. Điện năng và công suất điện. Định luật Jun – Len-xơ

• Công và công suất của dòng điện ở đoạn mạch (điện năng và công suất điện nhận được ở đoạn mạch)

$$A = UIt \text{ ; } \mathscr{P} = UI$$

• Định luật Jun – Len-xơ :

$$Q = RI^2t$$

• Công và công suất của nguồn điện :

$$A = \mathscr{E}It \text{ ; } \mathscr{P} = \mathscr{E}I$$

• Công suất của dụng cụ tiêu thụ điện :

Với dụng cụ toả nhiệt : $\mathscr{P} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

Với máy thu điện : $\mathscr{P} = \mathscr{E}_pI + r_pI^2$

($\mathscr{P}' = \mathscr{E}_pI$ là phần công suất mà máy thu điện chuyển hoá thành dạng năng lượng có ích, không phải là nhiệt).

• Đơn vị công (điện năng) và nhiệt lượng là jun, đơn vị của công suất là oát.

Chương III. DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG

CHƯƠNG III

Dòng điện trong các môi trường



Sét đánh vào một bệ phóng con tàu vũ trụ.

Chương này trình bày về dòng điện trong các môi trường : kim loại, chất điện phân, chân không, chất khí, bán dẫn. Đặc biệt là chú ý đến bản chất dòng điện trong các môi trường, hiện tượng nhiệt điện, hiện tượng siêu dẫn. Ngoài ra, trong chương cũng đề cập đến một số ứng dụng của dòng điện trong các môi trường.

Bài 17. Dòng điện trong kim loại

17 DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI

Khi bật công tắc đèn, ta thấy đèn sáng ngay lập tức. Chắc là đã có những êlectron chuyển động từ nguồn điện tới đèn với vận tốc rất lớn. Có phải như vậy không ?

Bảng 17.1

Điện trở suất và hệ số nhiệt điện trở của một số kim loại tiêu biểu

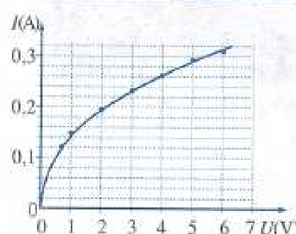
Kim loại	ρ_0 (Ω.m)	α (K^{-1})
Bạc	$1{,}62.10^{-8}$	$4{,}1.10^{-3}$
Đồng	$1{,}69.10^{-8}$	$4{,}3.10^{-3}$
Nhôm	$2{,}75.10^{-8}$	$4{,}4.10^{-3}$
Sắt	$9{,}68.10^{-8}$	$6{,}5.10^{-3}$
Vonfam	$5{,}25.10^{-8}$	$4{,}5.10^{-3}$
Constantan	$5{,}21.10^{-8}$	$0{,}01.10^{-3}$

C1 Làm thí nghiệm khảo sát sự phụ thuộc của điện trở dây tóc bóng đèn 6,2 V – 0,5 A vào hiệu điện thế đặt vào bóng đèn, ta được kết quả ghi ở Bảng 17.2 và đặc tuyến vôn – ampe trên Hình 17.1. Từ đó, em có thể rút ra các kết luận gì ?

Bảng 17.2

Kết quả thí nghiệm với bóng đèn 6,2 V

U (V)	0,6	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I (A)	0,12	0,15	0,19	0,23	0,26	0,29	0,31



Hình 17.1 Đặc tuyến vôn-ampe của điện trở dây tóc bóng đèn.

1. Các tính chất điện của kim loại

• *Kim loại là chất dẫn điện tốt*

Độ lớn của điện trở suất của các kim loại rất nhỏ (điện dẫn suất $\sigma = \frac{1}{\rho}$ của chúng rất lớn) (xem Bảng 17.1).

• *Dòng điện trong kim loại tuân theo định luật Ôm*, nếu nhiệt độ kim loại được giữ không đổi (xem Bài 10).

• *Dòng điện chạy qua dây dẫn kim loại gây ra tác dụng nhiệt* (xem Bài 12).

• *Điện trở suất của kim loại tăng theo nhiệt độ.*

Thí nghiệm chứng tỏ điện trở suất ρ của kim loại phụ thuộc nhiệt độ gần đúng theo hàm bậc nhất :

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(t - t_0)] \quad (17.1)$$

trong đó ρ_0 là điện trở suất ở t_0 (°C) (thường lấy là 20°C) ; α được gọi là *hệ số nhiệt điện trở*, có đơn vị là K^{-1}. Trên Bảng 17.1 có ghi giá trị của ρ_0 và α của một số kim loại tiêu biểu.

Thí nghiệm chính xác chứng tỏ hệ số α còn phụ thuộc vào nhiệt độ, vào cả độ sạch và chế độ gia công vật liệu.

2. Êlectron tự do trong kim loại

a) Ta đã biết (xem *SGK Vật lí 10*), các kim loại ở thể rắn có cấu trúc tinh thể. Trong kim loại, các nguyên tử bị mất êlectron hoá trị trở thành các ion dương, các ion dương sắp xếp *một cách tuần hoàn, trật tự* tạo nên mạng tinh thể kim loại.

b) Các êlectron hoá trị tách khỏi nguyên tử thì chuyển động hỗn loạn trong mạng tinh thể.

Các êlectron này được gọi là *êlectron tự do* ; chúng tạo thành *khí êlectron tự do* choán toàn bộ thể tích của tinh thể kim loại. Trên Hình 17.2 là một ô mạng tinh thể của đồng.

Các kim loại khác nhau có mật độ êlectron (số êlectron tự do trong một đơn vị thể tích) khác nhau ; mật độ này có giá trị không đổi đối với mỗi kim loại.

Khi không có tác dụng của điện trường ngoài, chuyển động hỗn loạn của các êlectron tự do không tạo ra dòng điện trong kim loại (Hình 17.3).

3. Giải thích tính chất điện của kim loại

Các tính chất điện của kim loại có thể giải thích được dựa trên sự có mặt của các êlectron tự do trong kim loại (*thuyết êlectron về tính dẫn điện của kim loại*).

a) Bản chất dòng điện trong kim loại

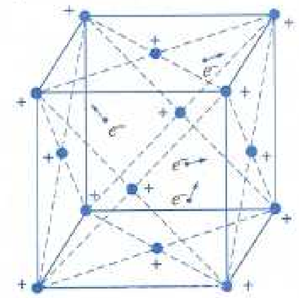
Khi đặt vào hai đầu vật dẫn kim loại một hiệu điện thế, ngoài chuyển động nhiệt hỗn loạn (Hình 17.4), do chịu tác dụng của lực điện trường, các êlectron tự do chuyển động có hướng, ngược chiều điện trường. Do đó, có sự dịch chuyển có hướng của các hạt tải điện, nghĩa là có dòng điện chạy trong kim loại.

Vậy, **dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron tự do ngược chiều điện trường.**

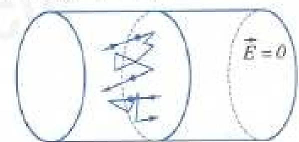
Mật độ hạt tải điện (êlectron tự do) trong kim loại rất lớn, vào cỡ mật độ nguyên tử kim loại ($10^{28}/m^3$), vì thế *kim loại dẫn điện tốt.*

b) Sự mất trật tự của mạng tinh thể kim loại (do chuyển động nhiệt của các ion trong mạng tinh thể, sự méo mạng tinh thể do biến dạng cơ học và các nguyên tử lạ lẫn trong kim loại tạo ra) đã cản trở chuyển động có hướng của các êlectron tự do, làm cho chuyển động của êlectron bị lệch hướng. Đó là nguyên nhân

C2 Muốn làm một dây dẫn có điện trở gần như không thay đổi theo nhiệt độ thì nên dùng vật liệu nào ?



Hình 17.2 *Một ô mạng tinh thể của đồng.*
Các hình tròn màu xanh trong hình vẽ là các ion đồng.

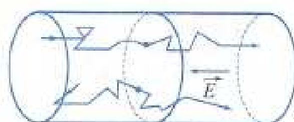


Hình 17.3 Chuyển động của êlectron qua tiết diện thẳng của dây kim loại khi không có tác dụng của điện trường.

Sự phụ thuộc của điện trở vật dẫn kim loại vào nhiệt độ được ứng dụng để chế tạo các nhiệt kế điện trở dùng để đo nhiệt độ. Nhiệt kế điện trở có thể dùng để đo những nhiệt độ rất cao (đến 1 000°C), hoặc rất thấp (đến −200°C) với độ chính xác cao (có thể đến 0,0001°C).

Bộ phận chủ yếu của nhiệt kế điện trở là một sợi dây mảnh bằng platin quấn quanh một lõi cách điện. Điện trở của dây này đã được xác định chính xác ở các nhiệt độ khác nhau. Vì thế, khi đặt dây đó vào khu vực cần đo nhiệt độ, chỉ cần biết điện trở của dây là có thể biết được nhiệt độ. Giá trị của nhiệt độ này được ghi ngay trên dụng cụ đo.

Bài 17 (tiếp)



Hình 17.4 Chuyển động của êlectron qua tiết diện thẳng của kim loại khi có tác dụng của điện trường.

Phép tính toán đã chứng tỏ tốc độ của chuyển động có hướng của các êlectron tự do trong kim loại rất nhỏ (nhỏ hơn 0,2 mm/s). Không nên lẫn lộn tốc độ này với tốc độ lan truyền của điện trường tác dụng lên các êlectron tự do (cỡ 300 000 km/s). Vì tốc độ lan truyền của điện trường rất lớn, nên khi ta đóng mạch điện, thì ngọn đèn điện dù ở rất xa cũng hầu như lập tức phát sáng.

Từ thuyết êlectron về kim loại, suy ra điện dẫn suất của kim loại tỉ lệ thuận với mật độ êlectron tự do.

C3 Giải thích tại sao các kim loại khác nhau có điện trở suất khác nhau.

cơ bản gây ra điện trở của kim loại. Ta nói êlectron "va chạm" vào các chỗ mất trật tự của mạng tinh thể.

c) Nhiệt độ của kim loại càng cao, thì các ion kim loại càng dao động mạnh (biên độ dao động càng lớn). Do đó, độ mất trật tự của mạng tinh thể kim loại càng tăng, càng làm tăng sự cản trở chuyển động của các êlectron tự do. Vì vậy, khi nhiệt độ tăng thì điện trở suất của kim loại tăng.

d) Các êlectron tự do chuyển động có gia tốc do tác dụng của lực điện trường, và thu được một năng lượng xác định (ngoài năng lượng của chuyển động nhiệt hỗn loạn). Năng lượng của chuyển động có hướng của các êlectron tự do được truyền một phần (hay hoàn toàn) cho mạng tinh thể kim loại khi "va chạm", làm tăng nội năng của kim loại. Như vậy, năng lượng của chuyển động có hướng của các êlectron tự do đã chuyển thành nội năng của kim loại tức là chuyển hoá thành nhiệt. Vì vậy, dây dẫn kim loại nóng lên khi có dòng điện chạy qua.

CÂU HỎI

1. Điện trở của kim loại phụ thuộc nhiệt độ như thế nào ?
2. Vận dụng thuyết êlectron tự do trong kim loại, hãy giải thích các tính chất điện của kim loại.

BÀI TẬP

1. Câu nào **sai** ?
   A. Hạt tải điện trong kim loại là êlectron tự do.
   B. Dòng điện trong kim loại tuân theo định luật Ôm nếu nhiệt độ trong kim loại được giữ không đổi.
   C. Hạt tải điện trong kim loại là ion.
   D. Dòng điện chạy qua dây dẫn kim loại gây ra tác dụng nhiệt.
2. Câu nào đúng ?
   Khi nhiệt độ của dây kim loại tăng, điện trở của nó sẽ
   A. giảm đi.
   B. không thay đổi.
   C. tăng lên.
   D. ban đầu tăng lên theo nhiệt độ nhưng sau đó lại giảm dần.
3. Một sợi dây đồng có điện trở 74 Ω ở $50^{o}C$. Điện trở của sợi dây đó ở $100^{o}C$ là bao nhiêu ?

Bài 18. Hiện tượng nhiệt điện. Hiện tượng siêu dẫn

18 HIỆN TƯỢNG NHIỆT ĐIỆN HIỆN TƯỢNG SIÊU DẪN

1. Hiện tượng nhiệt điện

a) Cặp nhiệt điện. Dòng nhiệt điện

Tiến hành thí nghiệm như Hình 18.1.

Hơ nóng (vào ngọn lửa đèn cồn chẳng hạn) đầu nối A (*mối hàn*) của hai đoạn dây làm bằng hai kim loại khác nhau (đồng và constantan), ta thấy có dòng điện chạy trong mạch. Độ chênh lệch nhiệt độ giữa hai mối hàn A và B tăng thì cường độ dòng điện tăng.

Dòng điện này được gọi là *dòng nhiệt điện* và suất điện động tạo nên dòng nhiệt điện trong mạch gọi là *suất điện động nhiệt điện*. Dụng cụ có cấu tạo như trên được gọi là *cặp nhiệt điện*.

Hiện tượng tạo thành suất điện động nhiệt điện trong một mạch điện kín gồm hai vật dẫn khác nhau khi giữ hai mối hàn ở hai nhiệt độ khác nhau là *hiện tượng nhiệt điện*.

b) Biểu thức của suất điện động nhiệt điện

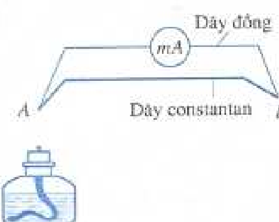
Thí nghiệm chứng tỏ khi hiệu nhiệt độ $T_1 - T_2$ giữa hai mối hàn không lớn, thì suất điện động nhiệt điện tỉ lệ thuận với hiệu nhiệt độ đó :

$$\mathscr{E} = \alpha_T(T_1 - T_2) \quad (18.1)$$

với α_T là *hệ số nhiệt điện động* phụ thuộc vào vật liệu làm cặp nhiệt điện. Đơn vị của α_T là μV/K (xem Bảng 18.1).

c) Ứng dụng của cặp nhiệt điện

• *Nhiệt kế nhiệt điện* là cặp nhiệt điện có thể dùng để đo nhiệt độ rất cao cũng như rất thấp (mà ta không thể đo được bằng nhiệt kế thông thường (Hình 18.2)).



Hình 18.1 Thí nghiệm về dòng nhiệt điện.

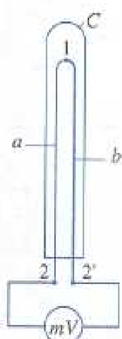
Bảng 18.1

Một số giá trị của hệ số nhiệt điện động với một số cặp kim loại

Cặp kim loại	α_T (μV/K)
Platin – platin pha rôđi	6,5
Sắt – đồng	8,6
Sắt – niken	32,4
Đồng – constantan	40
Sắt – constantan	50,4

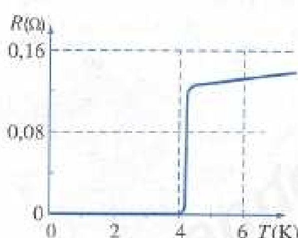
Có thể giải thích sơ lược về sự xuất hiện suất điện động nhiệt điện như sau : Cho hai thanh làm bằng các vật liệu dẫn điện khác nhau A và B, hàn hai đầu vào nhau. Khi giữ cho hai mối hàn có nhiệt độ khác nhau, ta có môi trường dẫn điện không đồng nhất, trong đó nhiệt độ, mật độ hạt tải điện thay đổi từ điểm này sang điểm khác. Do chuyển động nhiệt, hạt tải điện ở nơi có nhiệt độ cao hoặc nơi có mật độ lớn sẽ dịch chuyển về nơi có nhiệt độ hoặc mật độ thấp hơn. Kết quả là, giữa các vùng không đồng nhất hình thành hiệu điện thế, và trong mạch kín gồm hai thanh đó hình thành một suất điện động.

Bài 18 (tiếp)



Hình 18.2 Nhiệt kế nhiệt điện.

Hai dây *a* và *b* được đặt trong ống sứ *C* để bảo vệ cho mối hàn 1 tránh tác dụng hoá học. Trên milivôn kế thường ghi sẵn nhiệt độ tương ứng.



Hình 18.3 Điện trở của một cột thuỷ ngân phụ thuộc vào nhiệt độ.

C1 Nêu nhận xét về sự thay đổi của điện trở của cột thuỷ ngân ở lân cận nhiệt độ 4 K.

• *Pin nhiệt điện.* Ghép nhiều cặp nhiệt điện ta được một nguồn điện gọi là *pin nhiệt điện.* Hiệu suất của pin nhiệt điện khoảng 0,1%. Cho hai bán dẫn khác loại tiếp xúc nhau (xem Bài 24) ta được pin nhiệt điện bán dẫn, có hiệu suất cao hơn nhiều.

2. Hiện tượng siêu dẫn

a) Theo (17.1), khi nhiệt độ giảm đều thì điện trở của kim loại cũng giảm đều. Thế nhưng, năm 1911 khi làm thí nghiệm khảo sát sự phụ thuộc vào nhiệt độ của điện trở một cột thuỷ ngân có độ tinh khiết cao, ở các nhiệt độ rất thấp, Ka-méc-lin On-nét (Heike Kammerlingh Onnes, 1853 – 1926, nhà vật lí người Hà Lan, giải Nô-ben năm 1913) đã thu được các kết quả biểu diễn bằng đồ thị trên Hình 18.3.

b) Thực hiện thí nghiệm tương tự với các vật liệu khác, người ta thấy rằng, ở những nhiệt độ rất thấp, điện trở của một số kim loại và hợp kim có giá trị thay đổi theo nhiệt độ một cách đặc biệt.

Khi nhiệt độ hạ xuống dưới nhiệt độ T_c nào đó, điện trở của kim loại (hay hợp kim) đó giảm đột ngột đến giá trị bằng không. Hiện tượng đó gọi là *hiện tượng siêu dẫn.* Khi đó, kim loại hoặc hợp kim có *tính siêu dẫn.* Khi vật dẫn ở trạng thái siêu dẫn, điện trở của nó bằng không. Vì vậy, nếu trong một vòng dây siêu dẫn có dòng điện chạy, thì dòng điện này có thể duy trì rất lâu, sau khi bỏ nguồn điện đi.

Các vật liệu siêu dẫn có nhiều ứng dụng trong thực tế. Người ta đã chế tạo ra những nam châm điện có cuộn dây bằng vật liệu siêu dẫn, có thể tạo ra từ trường mạnh trong một thời gian dài mà không hao phí năng lượng vì toả nhiệt.

Ngày nay, việc tìm kiếm, tạo ra các vật liệu có tính siêu dẫn ở nhiệt độ cao là một trong các vấn đề được quan tâm đặc biệt. Năm 1993, người ta đã tạo ra được một hợp chất có T_c = 134 K.

Bảng 18.2
Giá trị T_c (K) của một số vật liệu

Vật liệu	T_c (K)
Thuỷ ngân	4,15
Kẽm	0,85
Nhôm	1,19
Chì	7,19
Nb_3Sn	18
Nb_3Al	18,7
$HgBa_2Ca_2Cu_3O_8$	134

CÂU HỎI

1. Hiện tượng nhiệt điện là gì ? Suất điện động nhiệt điện phụ thuộc vào những yếu tố nào ?
2. Hãy nêu đặc điểm của các vật liệu siêu dẫn và khả năng ứng dụng của chúng trong kĩ thuật.

BÀI TẬP

1. Câu nào dưới đây nói về hiện tượng nhiệt điện là **không** đúng ?
   A. Cặp nhiệt điện gồm hai dây dẫn điện có bản chất khác nhau hàn nối với nhau thành một mạch kín và hai mối hàn của nó được giữ ở hai nhiệt độ khác nhau.
   B. Nguyên nhân gây ra suất điện động nhiệt điện là do chuyển động nhiệt của các hạt tải điện trong mạch điện có nhiệt độ không đồng nhất.
   C. Suất điện động nhiệt điện $\mathscr{E}$ tỉ lệ nghịch với hiệu nhiệt độ $(T_1 - T_2)$ giữa hai mối hàn của cặp nhiệt điện.
   D. Suất điện động nhiệt điện $\mathscr{E}$ xấp xỉ tỉ lệ thuận với hiệu nhiệt độ $(T_1 - T_2)$ giữa hai mối hàn của cặp nhiệt điện.
2. Chọn đáp số đúng.

   Một mối hàn của một cặp nhiệt điện có hệ số α_T = 65 μV/K được đặt trong không khí ở 20°C, còn mối hàn kia được nung nóng đến nhiệt độ 232°C. Suất điện động nhiệt điện của cặp nhiệt điện khi đó là :

   A. $\mathscr{E}$ = 13,00 mV.   B. $\mathscr{E}$ = 13,58 mV.
   C. $\mathscr{E}$ = 13,98 mV.   D. $\mathscr{E}$ = 13,78 mV.

Bài 18 (tiếp)

Em có biết ?

Các khả năng ứng dụng tiềm tàng của các chất siêu dẫn là hết sức rộng rãi và quan trọng, đến mức nhiều nhà khoa học đã cho rằng, việc phát minh ra chất siêu dẫn có thể so sánh với việc phát minh ra năng lượng nguyên tử, việc chế tạo ra các dụng cụ bán dẫn ; thậm chí một số nhà khoa học còn so sánh với việc phát minh ra điện. Các vật liệu siêu dẫn sẽ đưa đến sự thay đổi lớn lao về kĩ thuật, công nghệ, và có thể cả trong kinh tế và đời sống xã hội. Dưới đây, là một số ứng dụng của siêu dẫn.

Các đường dây cáp siêu dẫn có khả năng tải điện đi xa mà không bị tổn hao năng lượng do không có điện trở ; mặt khác, dây cáp tải điện siêu dẫn không cần làm to như dây cáp thông thường và như vậy sẽ tiết kiệm được biết bao vật liệu, vì mật độ dòng điện trong dây siêu dẫn có thể đạt tới 10^5 A/cm^2, tức là lớn hơn nhiều so với dây đồng hoặc nhôm của đường dây tải điện thông thường.

Dựa trên tính chất từ trường không thâm nhập vào vật liệu siêu dẫn và bị đẩy trở lại, người ta đã chế tạo và đưa vào vận hành những đoàn tàu hoả trên đệm từ. Những nam châm siêu dẫn được đặt trên tàu. Trên đường ray có những cuộn dây dẫn. Khi tàu chạy, do hiện tượng cảm ứng điện từ (sẽ xét ở chương V), trong các cuộn dây có dòng điện cảm ứng, sinh ra từ trường. Kết quả là xuất hiện lực đẩy khiến cho các toa tàu được nâng lên. Do không có sự tiếp xúc giữa các toa tàu và đường nên tàu có thể đạt tốc độ cao.

Nhờ mật độ dòng điện trong dây siêu dẫn có thể là rất lớn, người ta chế tạo các nam châm điện siêu dẫn tạo ra từ trường cực mạnh (trên 10 tesla) cần cho máy gia tốc, lò phản ứng nhiệt hạch và các nghiên cứu khác. Nhờ nam châm siêu dẫn, mà năm 1986, ở Cun-ham (Anh) trong thiết bị To-ka-mác, đã tạo được nhiệt độ 140 triệu độ trong nửa giây !



Hình 18.4. Tàu hoả đệm từ ở Nhật Bản đạt tốc độ kỉ lục 516 km/h.

Bài 19. Dòng điện trong chất điện phân. Định luật Fa - ra - đây

19 DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN. ĐỊNH LUẬT FA-RA-ĐÂY

Dòng điện có thể chạy qua nước (nước ao, nước máy, nước sông...) không ? Tại sao ?

1. Thí nghiệm về dòng điện trong chất điện phân

a) Thí nghiệm

Sơ đồ thí nghiệm được vẽ trên Hình 19.1.

b) Kết quả thí nghiệm

Làm thí nghiệm với nước cất, miliampe kế cho thấy không có dòng điện đi qua, còn với dung dịch NaCl thì có dòng điện đi qua.

c) Kết luận

Nước cất là điện môi.

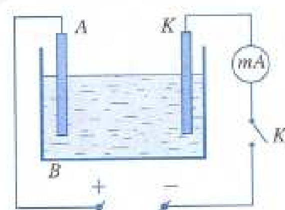
Dung dịch NaCl là chất dẫn điện.

Làm thí nghiệm tương tự với các dung dịch khác nhau, người ta thấy dòng điện có thể chạy qua dung dịch muối, axit hoặc bazơ.

Các dung dịch muối, axit, bazơ được gọi là các chất điện phân. Các muối nóng chảy cũng là chất điện phân.



FA-RA-ĐÂY
(Michael Faraday, 1791 – 1867
nhà vật lí người Anh)



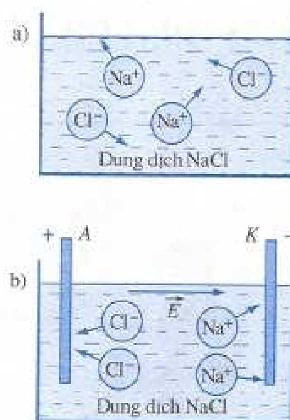
Hình 19.1 Sơ đồ thí nghiệm về dòng điện trong chất điện phân.

B là bình thuỷ tinh. A, K là hai điện cực bằng than chì. Đổ nước cất vào bình B, đóng K_1 và đọc số chỉ của miliampe kế. Sau đó, ngắt K_1, hoà tan vào nước cất một ít NaCl (muối ăn). Đóng K_1 và đọc số chỉ của miliampe kế. Nguồn điện là nguồn một chiều 24 V – 5 A.

2. Bản chất dòng điện trong chất điện phân

Khi muối, axit, bazơ được hoà tan vào nước, chúng dễ dàng tách ra thành các ion trái dấu. Ví dụ phân tử NaCl tách ra thành ion Na^+ và Cl^- riêng rẽ (Hình 19.2a). Quá trình này gọi là *sự phân li* của các phân tử chất hoà tan trong dung dịch. Chuyển động nhiệt mạnh trong các muối hoặc bazơ nóng chảy cũng làm các phân tử chất này phân li thành các ion tự do như các dung dịch. Trong khi chuyển động nhiệt hỗn loạn, một số ion dương có thể kết hợp lại với ion âm khi va chạm, để trở thành phân tử trung hoà. Quá trình này gọi là *sự tái hợp*. Do kết quả của hai quá trình nói trên, số lượng phân tử bị

Bài 19 (tiếp)



Hình 19.2 Chuyển động của các ion trong chất điện phân khi chưa có điện trường a) và khi có điện trường b).

C1 Hãy mô tả rõ hơn chuyển động của ion Na^+ và Cl^-.

phân li có giá trị xác định, phụ thuộc vào nhiệt độ và nồng độ của dung dịch. Số cặp ion được tạo thành mỗi giây tăng khi nhiệt độ tăng.

Các ion này chuyển động nhiệt hỗn loạn. Vì vậy, không có dòng điện tích dịch chuyển có hướng khi chưa có tác dụng của điện trường ngoài (Hình 19.2a).

Khi ta đặt một hiệu điện thế vào hai điện cực, trong bình điện phân có một điện trường, thì các ion có thêm chuyển động có hướng theo phương của điện trường (ngoài chuyển động nhiệt hỗn loạn). Chuyển động có hướng đó của các ion tạo nên dòng điện trong chất điện phân (Hình 19.2b).

Dòng điện trong chất điện phân là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm ngược chiều điện trường.

3. Phản ứng phụ trong chất điện phân

Các ion âm dịch chuyển đến anôt, nhường êlectron cho anôt, còn các ion dương đến catôt và nhận êlectron từ catôt. Các ion đó trở thành nguyên tử hay phân tử trung hoà, có thể bám vào điện cực, hoặc bay lên dưới dạng khí. Chúng cũng có thể tác dụng với điện cực và dung môi, gây ra các phản ứng hoá học. Các phản ứng hoá học này gọi là *phản ứng phụ* hay *phản ứng thứ cấp*.

4. Hiện tượng dương cực tan

a) Thí nghiệm

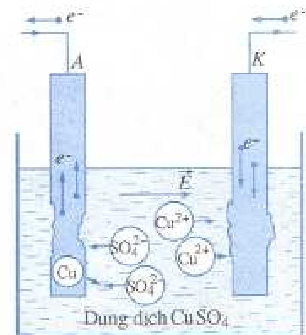
Sơ đồ thí nghiệm tương tự như ở Hình 19.1, nhưng trong đó anôt (*A*) bằng đồng, còn catôt (*K*) có thể bằng than chì hoặc một kim loại khác nào đó ; bình *B* đựng dung dịch đồng sunfat ($CuSO_4$).

Đóng K_1 trong khoảng thời gian 5 đến 10 phút. Quan sát kĩ catôt ta thấy có một lớp đồng mỏng bám vào.

b) Giải thích

Khi hoà đồng sunfat vào dung môi, trong dung dịch xuất hiện các ion Cu^{2+} và $(SO_4)^{2-}$. Đặt vào hai cực của bình một hiệu điện thế, thì do tác dụng của điện trường, các ion Cu^{2+}

dịch chuyển đến catôt, nhận hai êlectron từ nguồn điện đi tới trở thành nguyên tử đồng bám vào catôt : $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$. Ở anôt, êlectron bị kéo về cực dương của nguồn điện, tạo điều kiện hình thành ion Cu^{2+} trên bề mặt anôt tiếp xúc với dung dịch : $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$. Khi $(SO_4)^{2-}$ chạy về anôt, nó kéo ion Cu^{2+} vào dung dịch. Đồng ở anôt sẽ tan vào trong dung dịch gây ra *hiện tượng dương cực tan* (Hình 19.3).



Hình 19.3 Hiện tượng dương cực tan.

Kết quả là cực dương làm bằng đồng bị hao dần đi, còn ở catôt lại có đồng bám vào. **Hiện tượng dương cực tan xảy ra khi điện phân một dung dịch muối kim loại mà anôt làm bằng chính kim loại ấy.**

c) Định luật Ôm đối với chất điện phân

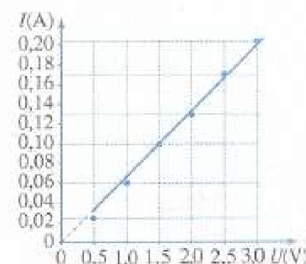
Trong thí nghiệm ở mục a, đo các giá trị của cường độ dòng điện I qua bình khi thay đổi hiệu điện thế U đặt vào bình, người ta thu được các kết quả ghi ở Bảng 19.1. Đặc tuyến vôn-ampe được vẽ như trên Hình 19.4. Như vậy, ***khi có hiện tượng dương cực tan, dòng điện trong chất điện phân tuân theo định luật Ôm, giống như đối với đoạn mạch chỉ có điện trở thuần.***

Bảng 19.1

Kết quả thí nghiệm

U (V)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
I (A)	0,025	0,060	0,100	0,130	0,170	0,210

Nếu bình điện phân chứa dung dịch muối kim loại mà anôt không làm bằng chính kim loại ấy (không có hiện tượng dương cực tan) thì bình điện phân là một máy thu điện. Khi đó, dòng điện chạy qua bình điện phân tuân theo định luật Ôm đối với máy thu điện (công thức (14.6)).



Hình 19.4 Đặc tuyến vôn-ampe của bình điện phân đựng dung dịch $CuSO_4$ với anôt bằng đồng.

5. Định luật Fa-ra-đây về điện phân

a) Định luật I Fa-ra-đây

Khối lượng m của chất được giải phóng ra ở điện cực của bình điện phân tỉ lệ với điện lượng q chạy qua bình đó.

$$m = kq \qquad (19.1)$$

Hệ số tỉ lệ k được gọi là *đương lượng điện hoá*, phụ thuộc vào bản chất của chất được giải phóng ra ở cực. Trong hệ SI, đơn vị đương lượng điện hoá là kg/C. Ví dụ với bạc :

$$k = 1,118.10^{-6} \text{ kg/C}$$

C2 Dựa vào lập luận ở mục 2, hãy chứng tỏ điện trở của dung dịch điện phân giảm khi nhiệt độ tăng.

Bài 19 (tiếp)

Giải thích các định luật Fa-ra-đây. Điện tích của ion

Dựa vào sự dẫn điện của chất điện phân và vào thuyết điện li, ta có thể giải thích các định luật Fa-ra-đây.

Giả sử có N ion di chuyển tới điện cực. Nếu khối lượng của mỗi ion là m_0, thì khi N ion đó được trung hoà ở điện cực, khối lượng của chất được giải phóng ra là :

$$m = m_0 N$$

Điện tích của mỗi ion là ne (với e là điện tích nguyên tố, n là hoá trị của nguyên tố). Khi có N ion tới điện cực thì điện lượng đã chuyển qua dung dịch điện phân là :

$$q = Nne$$

Từ đó :

$$m = Nm_0 = \frac{m_0}{ne}q$$

Đó chính là hệ thức của định luật I Fa-ra-đây. Từ hệ thức đó, ta thấy đương lượng điện hoá là :

$$k = \frac{m_0}{ne}$$

Mặt khác khối lượng mol của chất được giải phóng ra ở điện cực :

$$A = N_A m_0$$

(N_A là số A-vô-ga-đrô). Do đó đương lượng gam $\frac{A}{n}$ của chất đó bằng :

$$\frac{A}{n} = \frac{N_A m_0}{n}$$

Từ đó :

$$k = \frac{m_0}{ne} = \frac{A}{n}.\frac{1}{F}$$

Đó chính là hệ thức của định luật II Fa-ra-đây.

b) Định luật II Fa-ra-đây

Fa-ra-đây đã nhận xét rằng, đương lượng điện hoá k của các chất khác nhau luôn luôn tỉ lệ thuận với khối lượng mol nguyên tử A của chất thu được ở điện cực và tỉ lệ nghịch với hoá trị n của chất ấy. Do đó định luật II Fa-ra-đây được phát biểu như sau :

Đương lượng điện hoá k của một nguyên tố tỉ lệ với đương lượng gam $\frac{A}{n}$ của nguyên tố đó.

$$k = c\frac{A}{n} \tag{19.2}$$

Thí nghiệm chứng tỏ hệ số tỉ lệ c có cùng một trị số đối với tất cả các chất. Người ta thường kí hiệu $\frac{1}{c} = F$, trong đó F cũng là một hằng số đối với mọi chất và gọi là *số Fa-ra-đây*. Kết quả thí nghiệm cho :

$$F \approx 96\,500 \text{ C/mol}$$

khi m đo bằng gam.

c) Công thức Fa-ra-đây về điện phân

Kết hợp các hệ thức (19.1) và (19.2) ta rút ra công thức biểu thị cả hai định luật Fa-ra-đây :

$$m = \frac{1}{F}\frac{A}{n}q \tag{19.3}$$

hay
$$m = \frac{1}{F}\frac{A}{n}It \tag{19.4}$$

với I là cường độ dòng điện không đổi đi qua bình điện phân (tính bằng ampe), t là thời gian dòng điện chạy qua bình (tính bằng giây) và m đo bằng gam.

6. Ứng dụng của hiện tượng điện phân

Hiện tượng điện phân được ứng dụng để điều chế hoá chất, để tinh chế kim loại, mạ điện, đúc điện...

Bài 19 (tiếp)

a) Điều chế hoá chất

Clo, hiđrô và xút (NaOH) là những nguyên liệu quan trọng của công nghiệp hoá chất. Việc điều chế các nguyên liệu này được thực hiện bằng cách điện phân dung dịch muối ăn (NaCl) tan trong nước với điện cực bằng graphit hoặc bằng kim loại không bị ăn mòn. Kết quả điện phân cho ta xút tan vào dung dịch và các khí hiđrô và clo bay ra.

b) Luyện kim

Người ta dựa vào hiện tượng dương cực tan để tinh chế kim loại. Người ta đúc đồng nấu từ quặng ra (còn chứa nhiều tạp chất) thành các tấm. Dùng các tấm này làm cực dương trong bình điện phân đựng dung dịch đồng sunfat. Khi điện phân, cực dương tan dần, đồng nguyên chất bám vào cực âm, còn tạp chất lắng xuống đáy.

Các kim loại khác (như nhôm, magiê...) và nhiều hoá chất được điều chế trực tiếp bằng phương pháp điện phân.

c) Mạ điện

Mạ điện là dùng phương pháp điện phân để phủ một lớp kim loại (thường là kim loại không gỉ như crôm, niken, vàng, bạc...) lên những đồ vật bằng kim loại khác. Khi đó vật cần được mạ dùng làm cực âm, kim loại dùng để mạ làm cực dương, còn chất điện phân là dung dịch muối của kim loại dùng để mạ.

Từ đó tìm được số Fa-ra-đây :

$$F = N_A e$$

Điện tích nguyên tố e lại bằng :

$$e = \frac{F}{N_A}$$

Vì $N_A = 6,023.10^{26}$/kmol, nên biết F ta tìm được $e \approx 1,60.10^{-19}$ C.



Hình 19.5 Dây chuyền mạ điện trong công nghiệp.

Nguyên tắc của *đúc điện* cũng giống như mạ điện. Trước tiên, người ta làm khuôn của vật định đúc bằng sáp ong hay bằng một chất khác dễ nặn, rồi quét lên khuôn một lớp than chì (graphit) mỏng để cho bề mặt khuôn trở thành dẫn điện. Khuôn này được dùng để làm cực âm, còn cực dương thì bằng kim loại mà ta muốn đúc và dung dịch điện phân là muối của kim loại đó. Khi đặt một hiệu điện thế vào hai điện cực đó, kim loại sẽ kết thành một lớp trên khuôn đúc, dày hay mỏng là tuỳ thuộc vào thời gian điện phân. Sau đó người ta tách lớp kim loại ra khỏi khuôn và được vật cần đúc.

Đúc điện là phương pháp đúc chính xác, do đó các bản in trước đây thường được chế tạo bằng phương pháp này.

CÂU HỎI

1. Chất điện phân là gì ? Cho ví dụ về chất điện phân.
2. Hạt tải điện trong chất điện phân là các hạt nào ? Bản chất dòng điện trong chất điện phân là gì ?

   Tại sao dòng điện qua chất điện phân lại gây ra sự vận chuyển các chất, còn dòng điện qua kim loại không gây ra hiện tượng đó ?
3. Hãy phát biểu định luật Fa-ra-đây về hiện tượng điện phân.

BÀI TẬP

1. Chọn phát biểu đúng.

   A. Khi hoà tan axit, bazơ hoặc muối vào trong nước, tất cả các phân tử của chúng đều bị phân li thành các ion.

   B. Số cặp ion được tạo thành trong dung dịch điện phân không thay đổi theo nhiệt độ.

   C. Bình điện phân nào cũng có suất phản điện.

   D. Khi có hiện tượng dương cực tan, dòng điện trong chất điện phân tuân theo định luật Ôm.
2. Chọn đáp số đúng.

   Đương lượng điện hoá của niken là $k = 3.10^{-4}$ g/C. Khi cho một điện lượng 10 C chạy qua bình điện phân có anôt bằng niken thì khối lượng niken bám vào catôt là :

   A. $0,3.10^{-4}$ g. B. 3.10^{-3} g. C. $0,3.10^{-3}$ g. D. 3.10^{-4} g.
3. Chiều dày của lớp niken phủ lên một tấm kim loại là $D = 0,05$ mm sau khi điện phân trong 30 phút. Diện tích mặt phủ của tấm kim loại là 30 cm^2. Xác định cường độ dòng điện chạy qua bình điện phân. Cho biết niken có khối lượng riêng là $\rho = 8,9.10^3$ kg/m^3, $A = 58$ và $n = 2$.

Bài 20. Bài tập về dòng điện trong kim loại và chất điện phân

20 BÀI TẬP VỀ DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI VÀ CHẤT ĐIỆN PHÂN

1. Ở nhiệt độ $t_1 = 25^oC$, hiệu điện thế giữa hai cực bóng đèn là $U_1 = 20$ mV và cường độ dòng điện chạy qua đèn là $I_1 = 8$ mA. Khi sáng bình thường, hiệu điện thế giữa hai cực bóng đèn là $U_2 = 240$ V và cường độ dòng điện chạy qua đèn là $I_2 = 8$ A. Tính nhiệt độ t_2 của dây tóc đèn khi sáng bình thường. Coi rằng điện trở của dây tóc đèn trong khoảng nhiệt độ này tăng tỉ lệ bậc nhất theo nhiệt độ với hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 4{,}2.10^{-3}$ K^{-1}.

Bài giải

Điện trở R_1 và R_2 của dây tóc đèn ở nhiệt độ $t_1 = 25^oC$ và ở nhiệt độ t_2 khi đèn sáng bình thường, tương ứng bằng :

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 2{,}5\ \Omega \quad \text{và} \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2} = 30\ \Omega$$

Sự thay đổi điện trở của dây tóc đèn theo nhiệt độ được tính theo công thức :

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

Từ đó suy ra nhiệt độ t_2 của dây tóc đèn khi đèn sáng bình thường :

$$t_2 = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{R_2}{R_1} - 1\right) + t_1$$

Thay số : $$t_2 = \frac{1}{4{,}2.10^{-3}}\left(\frac{30}{2{,}5} - 1\right) + 25 = 2\,644^oC.$$

2. Một bình điện phân đựng dung dịch bạc nitrat với anôt bằng bạc. Điện trở của bình điện phân là $R = 2\ \Omega$. Hiệu điện thế đặt vào hai cực là $U = 10$ V. Xác định lượng bạc bám vào cực âm sau 2 h. Cho biết đối với bạc $A = 108$ và $n = 1$.

Bài giải

Cường độ dòng điện qua bình :

$$I = \frac{U}{R} = 5\ \text{A}$$

Theo hệ thức của định luật Fa-ra-đây (19.4)

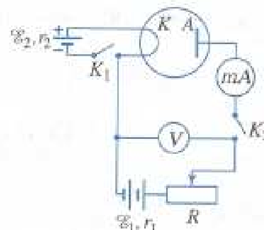
$$m = \frac{1}{F}\frac{A}{n}It = \frac{1}{96\,500}\frac{108}{1}.5.7\,200$$

$$m \approx 40{,}3\ \text{g}.$$

Bài 21. Dòng điện trong chân không

21 DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG

Chân không trong đèn hình tivi có áp suất nhỏ hơn 10^{-4} Pa, còn trong một phích nước đá thì nhỏ hơn 10^{-2} Pa.



Hình 21.1 Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu dòng điện trong chân không.

Nguồn điện $\mathscr{E}_2$ để đốt nóng catôt K. Nguồn điện $\mathscr{E}_1$ để tạo hiệu điện thế U giữa hai cực của điôt ; nhờ biến trở R có thể thay đổi giá trị của U. Millampe kế chỉ cường độ dòng điện chạy qua điôt (chạy trong chân không).

Quan sát kim của điện kế G khi :

– Mở K_2, đóng K_1 ;

– Đóng K_1 và K_2 ;

– Mở K_1, nối A với cực âm, còn K với cực dương của nguồn điện, sau đó đóng K_1.

C1 Nếu ban đầu chưa nối điện cực K với nguồn $\mathscr{E}_1$, thì khi đóng K_1, số chỉ của G bằng bao nhiêu ?

C2 Theo dự đoán của em, ở nhiệt độ bình thường, có thể có các êlectron tự do bứt ra khỏi mặt kim loại không ? Tại sao ?

1. Dòng điện trong chân không

Chân không lí tưởng là một môi trường trong đó không có một phân tử khí nào. Trong thực tế, khi ta làm giảm áp suất chất khí trong ống đến mức (khoảng dưới 0,0001 mmHg) để phân tử khí (hạt) có thể chuyển động tự do từ thành nọ đến thành kia của ống mà không va chạm với các phân tử (hạt) khác thì ta nói trong ống là *chân không*.

a) Thí nghiệm về dòng điện trong chân không

Sơ đồ thí nghiệm được trình bày ở Hình 21.1.

Dụng cụ thí nghiệm là bóng đèn thuỷ tinh đã hút chân không (áp suất khoảng 10^{-6} mmHg) trong đó có hai cực ; anôt A là một bản kim loại, còn catôt K là dây vonfam. Dụng cụ này được gọi là *điôt chân không* (hay điôt điện tử).

b) Bản chất dòng điện trong chân không

Khi catôt K bị đốt nóng, các êlectron tự do trong kim loại nhận được năng lượng cần thiết để có thể bứt ra khỏi mặt catôt (hiện tượng này gọi là *sự phát xạ nhiệt êlectron*). Do đó, trong ống chân không có các êlectron tự do chuyển động hỗn loạn.

Khi mắc anôt vào cực dương, còn catôt vào cực âm của nguồn điện, thì do tác dụng của lực điện trường, các êlectron dịch chuyển từ catôt sang anôt, tạo ra dòng điện.

Dòng điện trong điôt chân không là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron bứt ra từ catôt bị nung nóng dưới tác dụng của điện trường.

Nếu mắc anôt vào cực âm của nguồn điện còn catôt vào cực dương, thì lực điện trường có tác dụng đẩy êlectron trở lại catôt, do đó trong mạch không

Bài 21 (tiếp)

có dòng điện. Vì vậy ***dòng điện chạy trong điốt chân không chỉ theo một chiều từ anôt đến catôt.***

2. Sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chân không vào hiệu điện thế

a) Khảo sát chi tiết sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chân không vào hiệu điện thế U đặt giữa anôt và catôt, người ta thu được đặc tuyến vôn-ampe có dạng như trên Hình 21.2. Từ Hình 21.2 ta nhận thấy :

• Đặc tuyến vôn-ampe không phải là đường thẳng. Như vậy ***dòng điện trong chân không không tuân theo định luật Ôm.***

• Khi $U < U_b$: U tăng thì I tăng.

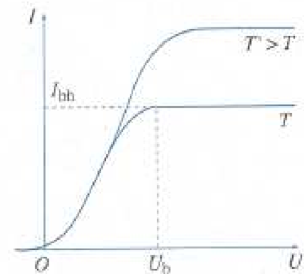
• Khi $U \geq U_b$ thì U tăng I không tăng và có giá trị $I = I_{bh}$: cường độ dòng điện qua ống đạt giá trị lớn nhất gọi là *cường độ dòng điện bão hoà* (Hình 21.2). Nhiệt độ catôt càng cao ($T' > T$), thì cường độ dòng điện bão hoà I_{bh} càng lớn.

b) Vì điốt chân không có tính dẫn điện theo một chiều (chỉ cho dòng điện chạy qua nó từ anôt đến catôt) nên nó được dùng để biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng một chiều (*chỉnh lưu dòng điện xoay chiều*). Trong các sơ đồ điện, điốt chân không được vẽ như trên Hình 21.3.

3. Tia catôt

Làm thí nghiệm với điốt chân không có dạng ống thuỷ tinh dài và trên anôt có một lỗ nhỏ O như trên Hình 21.4, khi đèn hoạt động, ở phía sau lỗ có *dòng các êlectron do catôt phát ra và bay trong chân không*. Người ta gọi dòng đó là *tia catôt*. Thí nghiệm cho thấy tia catôt có các tính chất sau :

Tia catôt truyền thẳng, nếu không có tác dụng của điện trường hay từ trường. Dùng một lá kim loại mỏng hình chữ thập làm anôt và đặt nó đối diện, song song với catôt thì ở thành trong của ống ta thấy

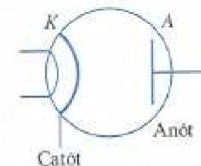


Hình 21.2 Đặc tuyến vôn-ampe của dòng điện trong chân không khi catôt có nhiệt độ T và $T' > T$.

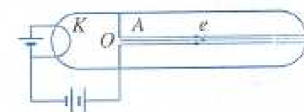
C3 Đồ thị ở Hình 21.2 cho thấy : tuy $U < 0$ nhưng nếu $|U|$ nhỏ thì vẫn có thể có $I \neq 0$. Theo em tại sao lại như vậy ?

C4 Tại sao giá trị của I_{bh} tăng khi nhiệt độ của catôt tăng.

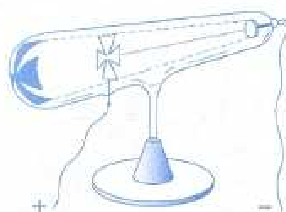
Trong thực tế, để có dòng điện lớn, người ta phủ lên catôt một lớp ôxit của kim loại kiềm thổ như bari, thori, strônti, canxi,... ; khi bị đốt nóng, các ôxit này phát ra nhiều êlectron hơn các kim loại tinh khiết.



Hình 21.3 Điôt chân không.



Hình 21.4 Tia catôt.



Hình 21.5 Tia catôt truyền thẳng.

Trong thí nghiệm ở Hình 21.4, ta thấy trên thành ống, đối diện với lỗ *O* ở anôt có một vùng nhỏ thuỷ tinh phát ánh sáng màu xanh lục.

Trong thực tế, điôt chân không thường dùng là một ống thuỷ tinh hoặc kim loại được hút chân không đến áp suất khoảng $10^{-6} - 10^{-7}$ mmHg, có hai điện cực. Catôt là một ống kim loại hình trụ, bên trong ống là dây đốt được dùng để làm nóng catôt (dây đốt được đốt bằng một nguồn điện riêng). Còn anôt thường cũng là một hình trụ bằng kim loại, đồng trục với catôt. Nếu trong điôt điện tử nói trên, ta đặt thêm một điện cực ở gần catôt, thì bằng cách thay đổi điện thế của cực này, ta có thể làm thay đổi dòng êlectron đi từ catôt sang anôt và do đó, làm thay đổi cường độ dòng điện qua đèn. Hiện tượng này được dùng để tạo ra *triôt điện tử* (hay đèn điện tử ba cực) và cực thứ ba đó được gọi là *cực lưới*. Trước đây, triôt điện tử được dùng trong các mạch khuếch đại dao động, máy phát dao động điện từ...



Hình 21.6 Ống phóng điện tử.

có một bóng đen cũng có hình chữ thập như lá kim loại (Hình 21.5).

Tia catôt phát ra vuông góc với mặt catôt. Nếu catôt có dạng mặt cầu lõm thì các tia catôt phát ra sẽ hội tụ tại tâm mặt cầu.

Tia catôt mang năng lượng. Khi đập vào một vật nào đó, nó làm cho vật nóng lên. Trong kĩ thuật hiện đại, tính chất này được ứng dụng vào việc hàn trong chân không hoặc nấu các kim loại rất tinh khiết trong chân không...

Tia catôt có thể đâm xuyên các lá kim loại mỏng (có chiều dày từ 0,003 – 0,03 mm), *có tác dụng lên kính ảnh và có khả năng ion hoá không khí.*

Tia catôt làm phát quang một số chất khi đập vào chúng, như làm thuỷ tinh phát ánh sáng màu xanh lục, vôi phát ánh sáng màu da cam.

Tia catôt bị lệch trong điện trường, từ trường.

Tia catôt và nói chung là *chùm êlectron có vận tốc lớn*, khi đập vào các vật có nguyên tử lượng lớn (như platin), bị hãm lại và làm phát ra *tia Rơn-ghen*.

4. Ống phóng điện tử

Một ứng dụng quan trọng của tia catôt là trong *ống phóng điện tử* (còn gọi là *ống catôt*). Đó là bộ phận thiết yếu của máy thu hình, dao động kí điện tử, máy tính điện tử ... Ống phóng điện tử là một ống chân không mà mặt trước của nó là màn huỳnh quang, được phủ bằng chất huỳnh quang (như kẽm sunfua ZnS chẳng hạn) phát ra ánh sáng khi bị êlectron đập vào (Hình 21.6). Trong phần cổ ống (phần hẹp), có nguồn phát êlectron, gồm dây đốt, catôt, các cực điều khiển và anôt. Người ta đặt giữa anôt và catôt một hiệu điện thế từ vài trăm đến vài nghìn vôn. Trên đường đi đến màn huỳnh quang, chùm êlectron đi qua hai cặp bản cực làm lệch, giống như hai tụ điện : một cặp bản nằm ngang, một cặp bản thẳng đứng. Khi đặt một hiệu điện thế giữa hai bản nằm ngang, do tác dụng của điện trường, chùm êlectron bị lệch theo phương thẳng đứng. Còn khi đặt một hiệu điện thế giữa hai bản thẳng đứng, chùm êlectron bị lệch theo phương ngang. Khi đặt các hiệu điện thế thích hợp vào hai cặp bản đó, ta có thể điều khiển chùm êlectron đập vào vị trí xác định trên màn huỳnh quang. Các cực được cấu tạo, xếp đặt và có các điện thế sao cho chùm êlectron,

Bài 21 (tiếp)

một mặt được tăng tốc, mặt khác được hội tụ lại để chỉ gây một điểm sáng nhỏ trên màn huỳnh quang. Vì các êlectron có khối lượng rất bé, quán tính rất nhỏ, cho nên chúng hầu như phản ứng tức thời khi hiệu điện thế giữa các cặp bản thay đổi. Vì vậy, ống phóng điện tử trong các *dao động kí điện tử* được dùng để nghiên cứu những quá trình biến thiên nhanh. Trong các máy thu hình, chùm tia êlectron trong đèn hình được làm lệch nhờ từ trường.

CÂU HỎI

1. Hãy nêu cách tạo ra dòng điện trong chân không, bản chất dòng điện trong chân không, và đặc điểm về chiều của dòng điện này.
2. Tia catôt là gì ?
3. Hãy nêu nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của ống phóng điện tử.

BÀI TẬP

1. Chọn phát biểu đúng.

   A. Dòng điện trong chân không tuân theo định luật Ôm.

   B. Khi hiệu điện thế đặt vào điôt chân không tăng lên, thì cường độ dòng điện tăng.

   C. Dòng điện chạy trong điôt chân không chỉ theo một chiều từ anôt đến catôt.

   D. Quỹ đạo của êlectron trong tia catôt không phải là một đường thẳng.

2. Chọn đáp số đúng.

   Nếu cường độ dòng điện bão hoà trong điôt chân không bằng 1 mA thì trong thời gian 1 s số êlectron bứt ra khỏi mặt catôt là :

   A. $6,15.10^{15}$ êlectron. B. $6,15.10^{18}$ êlectron.

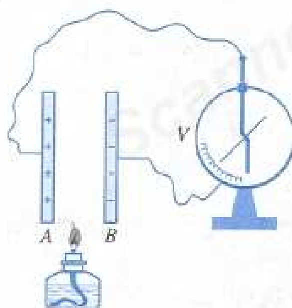
   C. $6,25.10^{15}$ êlectron. D. $6,25.10^{18}$ êlectron.

Bài 22. Dòng điện trong chất khí

22 DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ

Trong các cơn mưa dông thường có sét. Ảnh dưới chụp tia sét đánh vào một cây cao 20 m (vì cây ẩm, phần lớn dòng điện đi qua nước trên cây nên cây không bị tổn hại gì). Vậy sét là gì ?





Hình 22.1 Sơ đồ thí nghiệm về sự phóng điện trong không khí.

A và *B* là hai bản của tụ điện phẳng không khí, được tích điện. *V* là vôn kế tĩnh điện.

Quan sát kim chỉ của *V* khi chưa có ngọn lửa và khi có ngọn lửa.

1. Sự phóng điện trong chất khí

a) Thí nghiệm

Sơ đồ thí nghiệm được vẽ trên Hình 22.1.

b) Kết quả thí nghiệm

• Ở điều kiện bình thường, không khí là điện môi.

• Khi bị đốt nóng, không khí trở nên dẫn điện, có dòng điện chạy qua không khí từ bản nọ sang bản kia. Đó là *sự phóng điện* trong không khí.

Làm thí nghiệm trong các môi trường khí khác nhau, người ta thu được kết quả tương tự như trên.

2. Bản chất dòng điện trong chất khí

Trong những điều kiện bình thường, chất khí hầu như chỉ gồm những nguyên tử hay phân tử trung hoà về điện. Vì vậy, chất khí là điện môi.

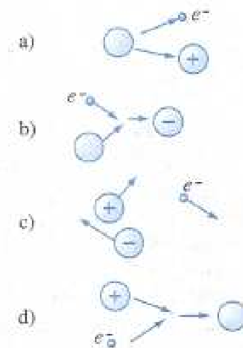
Khi đốt nóng chất khí, hoặc dùng các loại bức xạ, như tia tử ngoại, tia Rơn-ghen, tác động vào môi trường khí, thì một số nguyên tử hoặc phân tử khí mất bớt êlectron và trở thành ion dương (Hình 22.2a). Hiện tượng này gọi là *sự ion hoá chất khí*. Những tác động bên ngoài gây nên sự ion hoá chất khí gọi là *tác nhân ion hoá*. Trong số các êlectron mới được tạo thành nhờ tác nhân ion hoá, có một số chuyển động tự do, một số khác kết hợp với nguyên tử hay phân tử trung hoà tạo thành ion âm (Hình 22.2b). Như vậy, nhờ có tác nhân ion hoá mà trong chất khí xuất hiện những hạt mang điện tự do : êlectron, ion dương, ion âm (Hình 22.2c). Trong khi chuyển động nhiệt hỗn loạn, một số êlectron có thể kết hợp lại với ion dương khi va chạm, để trở thành phân tử

Bài 22 (tiếp)

trung hoà (Hình 22.2d). Quá trình này gọi là *sự tái hợp*. Nếu tác dụng của tác nhân ion hoá không thay đổi, thì mật độ ion và êlectron tự do được tạo ra trong mỗi giây trong chất khí có trị số xác định. Bình thường các ion và các êlectron này chuyển động nhiệt hỗn loạn, nên không tạo ra dòng điện trong chất khí.

Đặt một hiệu điện thế vào khối khí đã bị ion hoá, thì các êlectron và ion chuyển động có hướng do tác dụng của điện trường, nhưng chúng vẫn chuyển động nhiệt hỗn loạn : các êlectron và các ion âm chuyển động về phía cực dương (anôt), còn các ion dương chuyển động về phía cực âm (catôt), tạo nên dòng điện trong chất khí.

Dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm, êlectron ngược chiều điện trường.



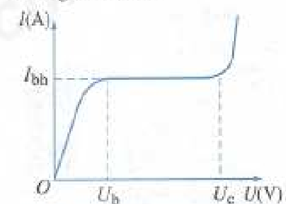
Hình 22.2 Sự ion hoá chất khí và sự tái hợp.

Vòng tròn màu xanh là nguyên tử, phân tử trung hoà, vòng tròn màu xanh có dấu +, – tương ứng là ion dương và ion âm.

3. Sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chất khí vào hiệu điện thế

Khảo sát sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chất khí ở áp suất bình thường vào hiệu điện thế khi có tác nhân ion hoá, người ta thu được đặc tuyến vôn - ampe trên Hình 22.3. Ta nhận thấy :

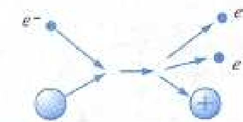
- Đặc tuyến vôn - ampe không phải là đường thẳng. Như vậy dòng điện trong chất khí không tuân theo định luật Ôm.
- Khi tăng dần hiệu điện thế, bắt đầu từ giá trị $U = 0$ đến $U = U_c$ sự phóng điện chỉ xảy ra khi có tác dụng của tác nhân ion hoá, ta có *sự phóng điện không tự lực*.
- Khi $U \geq U_b$, cường độ dòng điện giữ nguyên giá trị bằng I_{bh}, dù U tăng. Ta nói cường độ dòng điện trong chất khí đạt giá trị bão hoà I_{bh}.
- Khi $U > U_c$, thì cường độ dòng điện tăng vọt lên. Lí do là có thêm nhiều ion và êlectron được tạo thành, nhờ có *sự ion hoá do va chạm* của các êlectron với phân tử khí (Hình 22.4).



Hình 22.3 Đặc tuyến vôn - ampe của chất khí.

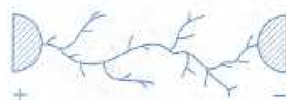
C1 Khảo sát chi tiết cho thấy đặc tuyến vôn - ampe trên Hình 22.3 có dạng đoạn thẳng ở gần gốc toạ độ (tức là với các trị số U rất nhỏ). Từ đó có thể rút ra kết luận gì ?

C2 Giải thích rõ hơn, tại sao khi $U_b \leq U < U_c$, cường độ dòng điện giữ nguyên giá trị bằng I_{bh}.



Hình 22.4 Sự ion hoá do va chạm.

Bài 22 (tiếp)



Hình 22.5 Tia lửa điện.

C3 Tại sao lúc có sét, mặt đất lại tích điện để có thể xảy ra sự phóng điện giữa đám mây tích điện và mặt đất ?

Trong động cơ nổ, bộ phận tạo ra tia lửa điện là bugi, đó chỉ là hai điện cực gắn vào một khối sứ cách điện cách nhau một khoảng rất nhỏ (cỡ vài phần mười milimét).

Tia lửa điện được dùng trong động cơ nổ để đốt hỗn hợp khí. Tia lửa điện cũng còn được dùng trong thiết bị tạo khí ôzôn để khử trùng.

C4 Giải thích rõ hơn tác dụng của cột chống sét.



Hình 22.6 Cột chống sét.

Sét thường đánh vào mô đất cao, ngọn cây. Để tránh tác hại của sét, người ta làm các *cột chống sét*. Đó là những cột nhọn bằng kim loại, đặt lên chỗ cao của nhà, hoặc các công trình xây dựng... và được nối cẩn thận bằng dây dẫn với một thanh kim loại chôn sâu xuống đất. Khi có cơn dông, điện tích từ đám mây sẽ qua cột chống sét xuống đất một cách từ từ, không gây ra hiện tượng sét.

• Thí nghiệm cũng chứng tỏ, khi $U > U_c$ thì dù có ngừng tác dụng của tác nhân ion hoá, sự phóng điện vẫn được duy trì. Ta nói rằng có *sự phóng điện tự lực* (hay *phóng điện tự duy trì*).

Quá trình phóng điện trong chất khí thường có *kèm theo sự phát sáng*. Đó là vì khi êlectron đến va chạm với phân tử khí hoặc ion dương thì các phân tử chuyển sang trạng thái kích thích và năng lượng mà chúng đã nhận sẽ được giải phóng dưới dạng ánh sáng (SGK Vật lí 12).

4. Các dạng phóng điện trong không khí ở áp suất bình thường

a) Tia lửa điện (tia điện)

• **Tia lửa điện là quá trình phóng điện tự lực xảy ra trong chất khí khi có tác dụng của điện trường đủ mạnh để làm ion hoá khí, biến phân tử khí trung hoà thành ion dương và êlectron tự do.**

• Trong không khí, tia lửa điện có thể hình thành khi có điện trường rất mạnh (có cường độ khoảng 3.10^6 V/m). Tia lửa điện không có dạng nhất định, thường là một chùm tia ngoằn ngoèo, có nhiều nhánh (Hình 22.5). Tia lửa điện thường kèm theo tiếng nổ ; trong không khí sinh ra ôzôn có mùi khét.

Khảo sát hình ảnh tia lửa điện (bằng cách chụp nhanh nó nhờ một máy quay phim chẳng hạn) ta thấy nó không liên tục, mà gián đoạn : một điểm sáng phát triển nhanh thành tia xuyên qua khoảng không gian phóng điện rồi tắt, một tia thứ hai xuất hiện nữa rồi lại tắt, và cứ như thế mà tiếp tục tia thứ ba, tia thứ tư...

Nghiên cứu chi tiết cho thấy, trong quá trình phóng điện hình tia, ngoài sự ion hoá do va chạm (vì có điện trường rất mạnh), còn có sự ion hoá do tác dụng của bức xạ phát ra trong tia lửa điện.

b) Sét

Sét phát sinh do sự phóng điện giữa các đám mây tích điện trái dấu hoặc giữa một đám mây tích điện với mặt đất tạo thành tia lửa điện khổng lồ.

Bài 22 (tiếp)

Hiệu điện thế gây ra sét có thể đạt tới $10^8 - 10^9$ V và cường độ dòng điện trong sét có thể đạt tới 10 000 – 50 000 A. Sự phát tia lửa của sét làm áp suất không khí tăng đột ngột, gây ra tiếng nổ, gọi là *tiếng sấm* (nếu phóng điện giữa hai đám mây), hoặc *tiếng sét* (nếu phóng điện giữa đám mây và mặt đất).

c) **Hồ quang điện**

• **Hồ quang điện là quá trình phóng điện tự lực xảy ra trong chất khí ở áp suất thường hoặc áp suất thấp giữa hai điện cực có hiệu điện thế không lớn.** Hồ quang điện có thể kèm theo toả nhiệt và toả sáng rất mạnh.

• Ví dụ phổ biến về hồ quang là sự phóng điện giữa hai đầu đặt gần nhau của hai thanh than (hai điện cực) nối vào nguồn điện có hiệu điện thế 40 V – 50 V. Thoạt tiên, người ta cho hai đầu của các thanh than chạm vào nhau làm cho mạch điện bị nối tắt, dòng điện trong mạch rất lớn làm cho chỗ chạm nhau của hai thanh than nóng đỏ. Khi tách hai đầu của các thanh than ra một khoảng ngắn, ta thấy giữa hai đầu thanh than phát ra ánh sáng chói như một ngọn lửa : đó chính là hồ quang điện (Hình 22.7). Nhìn qua kính đen bảo vệ mắt, ta thấy phần lớn ánh sáng chói phát ra từ hai đầu thanh than, tức là từ cực dương (anôt) và cực âm (catôt) của hồ quang. Giữa hai cực đó có một lưỡi liềm sáng yếu hơn, do chất khí than bị đốt cháy. Cực dương bị ăn mòn và hơi lõm vào.

• Hồ quang cũng có thể xuất hiện giữa các điện cực bằng kim loại. Tuỳ theo bản chất các cực, nhiệt độ của hồ quang khác nhau, nhưng thường rất cao, có thể từ 2 500°C đến 8 000°C.

• Hồ quang có rất nhiều ứng dụng trong kĩ thuật.

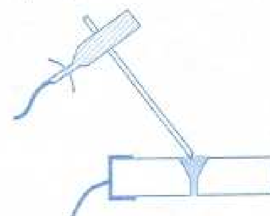
Nhờ nhiệt độ cao của các cặp điện cực, người ta dùng hồ quang trong việc hàn điện : một cực của hồ quang là tấm kim loại cần hàn, còn cực kia là que hàn (Hình 22.8). Do nhiệt độ cao giữa hai cực, que hàn nóng chảy và lấp chỗ cần hàn trên tấm kim loại.



Hình 22.7 Ảnh hồ quang điện.

C5 Theo em, muốn tạo ra hồ quang điện tại sao ban đầu cần phải cho hai đầu thanh than chạm nhau ?

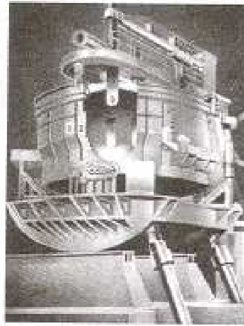
Dòng điện chạy qua chất khí giữa hai cực chủ yếu là dòng êlectron (và cả ion âm) đi từ catôt đến anôt, nhưng cũng có một phần là dòng ion dương đi từ anôt đến catôt. Các ion âm và êlectron tới đập vào anôt, làm anôt nóng lên, nhiệt độ có thể lên tới 3 500°C. Do đó, anôt phát sáng mạnh ; tại đó hầu hết vật liệu bị nóng chảy và thậm chí bay hơi, nên anôt bị lõm vào, như ta đã thấy. Còn các ion dương khi tới đập vào catôt thì cũng làm cho catôt duy trì được trạng thái nóng đỏ ban đầu và phát ra các êlectron (phát xạ nhiệt êlectron). Chất khí giữa hai cực ở nhiệt độ cao nên bị ion hoá và dẫn điện tốt, nhờ đó điện trở của khí trong hồ quang điện rất nhỏ. Cường độ dòng điện trong mạch có thể khá lớn, đạt hàng chục ampe.



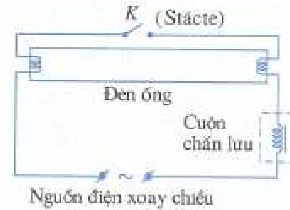
Hình 22.8 Hàn điện.

Máy hàn điện là một nguồn điện có hiệu điện thế thấp, cỡ vài chục vôn, có điện trở trong rất nhỏ để có thể tạo ra dòng điện rất lớn, tới hàng trăm ampe. Dòng điện này làm nóng chảy que hàn và điểm hàn, do đó mối hàn dính vào nhau.

Bài 22 (tiếp)

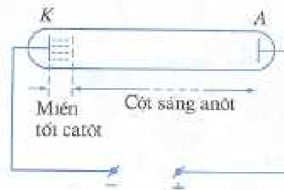


Hình 22.9 Lò hồ quang nấu thép (số 3 là điện cực).



Hình 22.10 Sơ đồ mắc đèn ống.

Stắcte hoạt động như một công tắc điện tự động *K*. Khi bật công tắc đèn, *K* đóng, dòng điện chạy qua hai cực là các dây vonfam mắc nối tiếp, làm các dây nóng đỏ và phát ra êlectron (phát xạ nhiệt êlectron). Khi *K* ngắt, một cực trở thành anôt, còn cực kia là catôt và hồ quang xảy ra. Dòng điện trong quá trình phóng điện hồ quang giữ cho dây vonfam tiếp tục nóng đỏ. Cuộn chấn lưu trong mạch điện giữ cho dòng điện không tăng quá cao, làm hỏng đèn.



Hình 22.11 Sự phóng điện thành miền.

Trong ngành luyện kim, người ta dùng hồ quang để nấu chảy kim loại (Hình 22.9), điều chế các hợp kim.

Trong hoá học, nhờ nhiệt độ cao của hồ quang người ta có thể thực hiện nhiều phản ứng hoá học, chẳng hạn như phản ứng ôxi hoá nitơ thành ôxit nitơ để điều chế axit nitric...

Hồ quang trước đây còn được dùng làm nguồn ánh sáng mạnh cho các đèn chiếu, đèn biển, máy chiếu phim...

Nhiều nguồn sáng được dùng trong chiếu sáng công cộng là hồ quang điện trong các khối hơi như natri (đèn vàng), hơi thuỷ ngân,... chứa trong bóng thuỷ tinh kín. Các điện cực thường bằng vonfam.

Đèn ống phát ánh sáng ban ngày, còn gọi là đèn huỳnh quang, là hồ quang sinh ra trong hơi thuỷ ngân ở áp suất thấp. Mặt trong của ống có phủ một lớp bột huỳnh quang. Bột này, khi hấp thụ các bức xạ tử ngoại do hơi thuỷ ngân phát ra, sẽ phát ra ánh sáng nhìn thấy, gần giống ánh sáng ban ngày (Hình 22.10).

5. Sự phóng điện trong chất khí ở áp suất thấp

a) Người ta đã làm thí nghiệm về sự phóng điện trong chất khí ở áp suất thấp, bằng cách dùng một ống thuỷ tinh có hai điện cực bằng kim loại, gọi là ống phóng điện, (Hình 22.11). Ống này được nối với một bơm hút (không vẽ trên hình) để có thể làm giảm dần áp suất trong ống. Kết quả thí nghiệm cho thấy : khi áp suất chất khí vào khoảng từ 1 đến 0,01 mmHg và hiệu điện thế giữa hai cực vào khoảng vài trăm vôn, sự phóng điện có dạng như ở Hình 22.11. Ta thấy có hai miền chính, ngay ở gần mặt catôt có một miền tối gọi là *miền tối catôt* ; phần còn lại của ống, cho đến anôt, là miền sáng, thường gọi là *cột sáng anôt*. Vì vậy, sự phóng điện này được gọi là *sự phóng điện thành miền*.

Bài 22 (tiếp)

b) Khi ta làm cho áp suất khí trong ống phóng điện giảm xuống, chỉ còn vào khoảng 0,01 – 0,001 mmHg (tuỳ thuộc vào chiều dài của ống) thì miền tối catôt choán đầy ống. Trong ống hầu như không sáng nữa, nhưng ở thành thuỷ tinh đối diện với catôt phát ra ánh sáng màu lục hơi vàng. Sở dĩ như vậy là vì khi đó môi trường trong ống xem như chân không (Bài 21), do đó dòng các êlectron phát ra từ catôt có thể chạy thẳng tới anôt mà không va chạm với các phân tử khác. Dòng đó chính là *tia catôt*, tia này đã làm phát quang thuỷ tinh. Khác với tia catôt xét ở Bài 21 (phát ra từ catôt bị đốt nóng), tia catôt này được phát ra từ catôt không đốt nóng (phát xạ lạnh).

C6 Nếu áp suất của khí trong ống bằng áp suất khí quyển thì có dòng điện chạy qua ống không ? Tại sao ?

Thí nghiệm và lí thuyết chứng tỏ độ giảm điện thế ở gần catôt khá lớn nên các ion dương tại đó thu được năng lượng lớn khi tới đập vào catôt, kết quả là xuất hiện dòng các êlectron bật ra từ catôt chuyển động về phía anôt.

Sự phóng điện thành miền trong khí ở áp suất thấp được sử dụng để tạo nên những nguồn sáng dùng trong quảng cáo. Các ống thuỷ tinh chứa khí được uốn thành hình, thành chữ. Màu sắc của ánh sáng phát ra phụ thuộc vào bản chất của khí chứa trong ống, như khí nêon (Ne) phát ánh sáng màu đỏ, khí kripton (Kr) phát ánh sáng màu xanh lá cây, khí agôn (Ar), hơi thuỷ ngân (Hg) phát ánh sáng màu xanh lam...

CÂU HỎI

1. Hãy nêu bản chất dòng điện trong chất khí. Mô tả sự phụ thuộc của cường độ dòng điện vào hiệu điện thế.
2. Hãy nêu cách tạo ra tia lửa điện và nguyên nhân hình thành tia lửa điện.
3. Hãy mô tả cách tạo ra hồ quang điện, nêu các đặc điểm chính và ứng dụng của hồ quang điện.
4. Hãy mô tả quá trình phóng điện trong chất khí ở áp suất thấp.

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.

   A. Dòng điện trong chất khí là dòng các ion.

   B. Dòng điện trong chất khí tuân theo định luật Ôm.

   C. Dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm, êlectron ngược chiều điện trường.

   D. Cường độ dòng điện trong chất khí ở áp suất bình thường tăng lên khi hiệu điện thế tăng.

2. Bản chất dòng điện trong kim loại khác với bản chất dòng điện trong chân không và trong chất khí như thế nào ?

A. Dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron. Còn dòng điện trong chân không và trong chất khí đều là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương và ion âm.

B. Dòng điện trong kim loại và trong chân không đều là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron. Còn dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron, của các ion dương và ion âm.

C. Dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron. Dòng điện trong chân không là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương và ion âm. Còn dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron, của các ion dương và ion âm.

D. Dòng điện trong kim loại cũng như trong chân không và trong chất khí đều là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron.

3. Chọn phương án đúng.

Dòng dịch chuyển có hướng của các ion là bản chất của dòng điện trong môi trường :

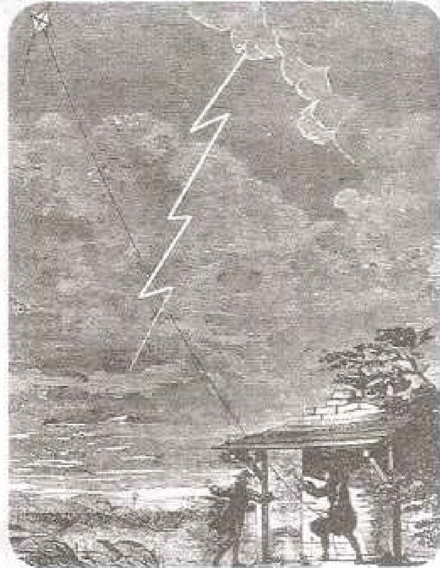
A. Kim loại. B. Chất điện phân. C. Chất khí. D. Chân không.

Em có biết ?

Sét là sự phóng điện xảy ra giữa các phần tích điện của những đám mây dông hoặc giữa đám mây dông và mặt đất. Theo nhiều nhà nghiên cứu, đám mây dông được tích điện là do các điện tích bị phân tách ra khi các hạt nước và hạt băng trong đám mây dông cọ xát vào nhau, sau đó chủ yếu do đối lưu mà các điện tích dương dồn hết về phía đỉnh đám mây còn các phần tích điện âm về phần chân đám mây. Hai miền điện tích khác dấu của đám mây dông giống như hai bản của một tụ điện khổng lồ. Không khí ở giữa chúng là chất cách điện, lúc đầu ngăn không cho các điện tích chạy lại gặp nhau và nâng dần hiệu điện thế giữa hai cực của bản tụ điện. Giữa phần chân đám mây dông và mặt đất tích điện (do hưởng ứng tĩnh điện) cũng là một tụ điện với không khí cách điện nằm giữa hai bản tụ. Khi hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện đủ lớn để "đánh thủng" chất điện môi (không khí) giữa hai bản, thì có tia lửa (sét) phóng qua.

Đặc biệt, có một dạng sét còn rất bí hiểm đối với con người. Đó là sét hòn, có "hành vi" cực kì lạ thường. Nó xuất hiện đột ngột dưới dạng những quả cầu lửa bay lơ lửng trong không trung, có khi nó chui luồn vào bên trong quần áo của người gặp nó, rồi thoát ra ngoài,

không gây một vết bỏng da nào và biến mất sau khi phát nổ. Có lúc lại như "bị hút" vào những vật kim loại như sợi dây thép căng trên cao hoặc ống khói nhà máy... Nhà bác học Nga Ka-pít-xa (được tặng giải Nô-ben về Vật lí năm 1978) đã xây dựng một lí thuyết về sét hòn, theo đó thì sét hòn được hình thành bởi các sóng đứng điện từ trong chất plasma. Tuy nhiên, lí thuyết này vẫn chưa được công nhận vì còn nhiều vấn đề cần được làm sáng tỏ thêm.



Hình 22.12 Fran-klin (Benjamin Franklin, 1706 – 1790, nhà khoa học Mĩ) đang làm thí nghiệm về điện trong khí quyển. Ông là người đã sáng chế ra cột chống sét.

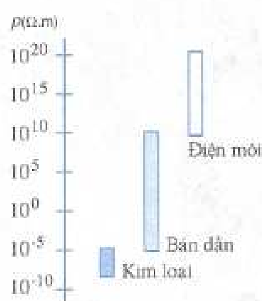
Bài 23. Dòng điện trong chất bán dẫn

23 DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN

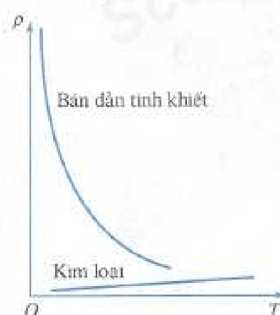
Ảnh bên trình bày các linh kiện bán dẫn : điôt, tranzito, vi mạch... Chúng có mặt trong mọi thiết bị điện tử dùng trong đời sống và trong khoa học, kĩ thuật.

Do những tính chất đặc biệt như thế nào mà chất bán dẫn (bán dẫn) được sử dụng rộng rãi như vậy ?





Hình 23.1 Điện trở suất của kim loại, bán dẫn, điện môi.



Hình 23.2 Điện trở suất của kim loại và bán dẫn tinh khiết phụ thuộc khác nhau vào nhiệt độ.

1. Tính chất điện của bán dẫn

a) Bán dẫn điển hình và được dùng phổ biến nhất là silic (Si). Ngoài ra, còn có các bán dẫn đơn chất khác như Ge, Se, các bán dẫn hợp chất như GaAs, CdTe, ZnS..., nhiều ôxit, sunfua, sêlenua, telurua... và một số chất pôlime.

b) Bán dẫn có những tính chất khác biệt so với kim loại.

• Điện trở suất ρ của bán dẫn có giá trị trung gian giữa kim loại và điện môi (Hình 23.1).

• Điện trở suất của bán dẫn tinh khiết giảm mạnh khi nhiệt độ tăng (Hình 23.2). Do đó ở nhiệt độ thấp, bán dẫn dẫn điện rất kém (giống như điện môi), còn ở nhiệt độ cao, bán dẫn dẫn điện khá tốt (giống như kim loại).

• Tính chất điện của bán dẫn phụ thuộc rất mạnh vào các tạp chất có mặt trong tinh thể.

2. Sự dẫn điện của bán dẫn tinh khiết

• Ta hãy xét trường hợp bán dẫn điển hình là Si. Nếu trong mạng tinh thể chỉ có một loại nguyên tử là Si, thì ta gọi đó là *bán dẫn tinh khiết*.

Silic là nguyên tố có hoá trị 4, tức là lớp êlectron ngoài cùng của nguyên tử Si có bốn êlectron (Hình 23.3). Trong tinh thể, mỗi nguyên tử Si liên kết với bốn nguyên tử lân cận thông qua các liên kết

Bài 23 (tiếp)

cộng hoá trị. Như vậy, xung quanh mỗi nguyên tử Si có tám êlectron, tạo thành lớp êlectron đầy (Hình 23.4). Do đó, liên kết giữa các nguyên tử trong tinh thể Si rất bền vững.

• Ở nhiệt độ thấp, gần 0 K, các êlectron hoá trị gắn bó chặt chẽ với các nguyên tử ở nút mạng. Do đó, trong tinh thể không có hạt tải điện tự do, bán dẫn Si không dẫn điện.

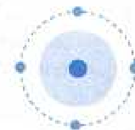
Ở nhiệt độ tương đối cao, nhờ dao động nhiệt của các nguyên tử, một số êlectron hoá trị thu thêm năng lượng và được giải phóng khỏi các liên kết, trở thành các *êlectron tự do*. Chúng có thể tham gia vào sự dẫn điện giống như êlectron dẫn trong kim loại. Trong bài này, êlectron tự do được gọi là êlectron.

Đồng thời, khi một êlectron bứt khỏi liên kết, thì một liên kết bị trống xuất hiện. Người ta gọi nó là *lỗ trống*. Lỗ trống mang một điện tích nguyên tố *dương*, vì liên kết thiếu êlectron. Một êlectron ở mối liên kết gần đó có thể chuyển đến lấp đầy liên kết bị trống, và tạo thành lỗ trống ở vị trí khác, tức là lỗ trống cũng có thể dịch chuyển trong tinh thể.

Vậy, ở nhiệt độ cao, có sự *phát sinh* ra các cặp êlectron – lỗ trống (Hình 23.5).

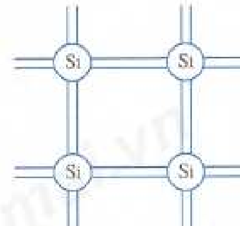
Bên cạnh đó luôn xảy ra quá trình *tái hợp* êlectron – lỗ trống, trong đó một êlectron tự do chiếm một mối liên kết bị trống và trở lại thành êlectron liên kết. Quá trình này làm mất đi đồng thời một êlectron tự do và một lỗ trống (một cặp êlectron – lỗ trống). Ở một nhiệt độ xác định, có sự *cân bằng* giữa quá trình phát sinh và quá trình tái hợp.

• Khi có điện trường đặt vào, êlectron chuyển động ngược chiều điện trường, lỗ trống chuyển động thuận chiều điện trường, gây nên *dòng điện trong bán dẫn*.



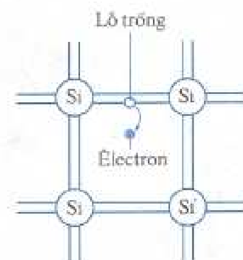
Hình 23.3 Nguyên tử Si có bốn êlectron hoá trị.

Ở giữa là hạt nhân, xung quanh là các lớp êlectron bên trong. Ngoài cùng là bốn êlectron hoá trị.



Hình 23.4 Trong tinh thể Si ở nhiệt độ rất thấp, không có hạt mang điện tự do.

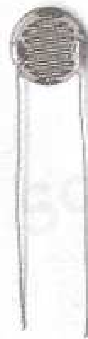
Mỗi đoạn thẳng biểu thị một liên kết giữa hai nguyên tử, do một êlectron thực hiện.



Hình 23.5 Trong tinh thể Si ở nhiệt độ tương đối cao, có sự phát sinh cặp êlectron – lỗ trống.

Hình tròn màu xanh biểu thị êlectron tự do, vòng tròn rỗng biểu thị lỗ trống.

C1 Giải thích vì sao điện trở suất của kim loại và bán dẫn lại phụ thuộc vào nhiệt độ theo cách khác nhau, như thấy ở Hình 23.2.



Hình 23.6 Quang điện trở bán dẫn.

Vậy, **dòng điện trong bán dẫn là dòng chuyển dời có hướng của các electron và lỗ trống.**

Ở bán dẫn tinh khiết, số êlectron và số lỗ trống bằng nhau. Nói chính xác hơn, trong bán dẫn tinh khiết, mật độ êlectron và mật độ lỗ trống bằng nhau. Sự dẫn điện trong trường hợp này gọi là *sự dẫn điện riêng* của bán dẫn. Bán dẫn tinh khiết còn được gọi là *bán dẫn loại i*.

• Nhiệt độ càng cao thì số êlectron và lỗ trống càng lớn. Do đó, ***độ dẫn điện của bán dẫn tinh khiết tăng khi nhiệt độ tăng.***

Ở nhiệt độ phòng, bán dẫn Si tinh khiết dẫn điện kém, vì có rất ít êlectron tự do và lỗ trống.

Người ta ứng dụng sự phụ thuộc mạnh của điện trở bán dẫn vào nhiệt độ để làm *nhiệt điện trở* bán dẫn. Đó là dụng cụ gồm một mẫu bán dẫn nối với hai dây dẫn. Nhiệt điện trở được dùng để đo nhiệt độ, để điều chỉnh và khống chế nhiệt độ.

• Cặp êlectron – lỗ trống còn phát sinh khi ta chiếu ánh sáng có bước sóng thích hợp vào bán dẫn. Do đó, điện trở suất của bán dẫn giảm khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào. Đó là *hiện tượng quang dẫn*. Hiện tượng này được ứng dụng để làm *quang điện trở* bán dẫn (Hình 23.6) ; điện trở của nó giảm khi cường độ ánh sáng chiếu vào tăng.

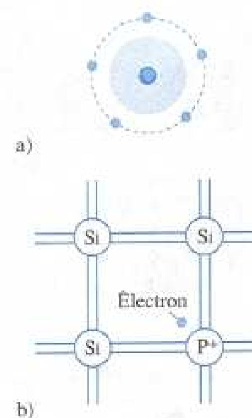
3. Sự dẫn điện của bán dẫn có tạp chất

Nếu bán dẫn Si có pha tạp chất, tức là ngoài các nguyên tử Si, còn có các nguyên tử khác, thì tính dẫn điện của bán dẫn thay đổi rất nhiều. Chỉ cần một lượng rất nhỏ tạp chất (với tỉ lệ vài phần triệu), độ dẫn điện của bán dẫn có thể tăng hàng vạn, hàng triệu lần. Khi đó, cùng với sự dẫn điện riêng, còn có *sự dẫn điện do tạp chất.*

a) Bán dẫn loại *n*

Giả sử trong mạng tinh thể Si có lẫn một nguyên tử phôtpho (P). Nguyên tử P có năm êlectron ở lớp ngoài (Hình 23.7a), trong đó bốn êlectron tham gia liên kết cộng hoá trị với các nguyên tử Si ở xung quanh. Êlectron còn lại liên kết yếu với nguyên tử P, nên ngay ở nhiệt độ thấp, nó đã có thể dễ dàng bứt khỏi nguyên tử P và trở thành êlectron tự do (Hình 23.7b). Nguyên tử P trở thành một ion dương, nằm tại nút mạng.

Như vậy, tạp chất P đã tạo nên thêm các êlectron dẫn, mà không làm tăng thêm số lỗ trống. Do đó, bán dẫn Si pha P có số êlectron dẫn nhiều hơn số lỗ trống, tức là mật độ êlectron lớn hơn mật độ lỗ trống. Ta gọi êlectron là *hạt tải điện cơ bản* hay *đa số*, lỗ trống là *hạt tải điện không cơ bản* hay *thiểu số*. Bán dẫn như vậy được gọi là *bán dẫn êlectron* hay *bán dẫn loại n*.

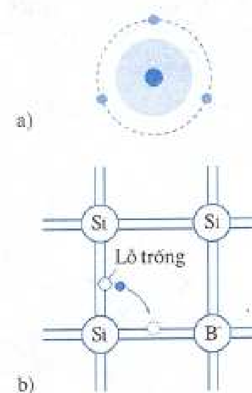


Hình 23.7 Tạp chất P tạo thêm êlectron tự do.

b) Bán dẫn loại *p*

Nếu tạp chất là nguyên tố hoá trị 3 như bo (B) (Hình 23.8a), thì còn thiếu một êlectron để tạo thành liên kết giữa nguyên tử B với bốn nguyên tử Si lân cận. Một êlectron ở liên kết gần đó có thể chuyển đến lấp đầy liên kết này và tạo thành lỗ trống. Còn nguyên tử B thì trở thành một ion âm nằm ở nút mạng (Hình 23.8b).

Tạp chất B pha vào bán dẫn Si đã tạo thêm lỗ trống, làm cho số lỗ trống nhiều hơn số êlectron dẫn, tức là mật độ lỗ trống lớn hơn mật độ êlectron. Lỗ trống là hạt tải điện cơ bản (hay đa số), êlectron là hạt tải điện không cơ bản (hay thiểu số). Đó là *bán dẫn lỗ trống* hay *bán dẫn loại p*.



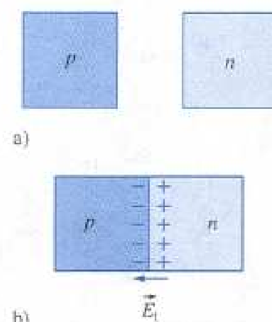
Hình 23.8 Tạp chất B tạo thêm lỗ trống.

Nếu ta pha hai loại tạp chất, chẳng hạn cả P và B, vào bán dẫn Si, thì bán dẫn này có thể là loại *p* hay loại *n*, tuỳ theo tỉ lệ giữa hai lượng tạp chất.

Như vậy, bằng cách chọn loại tạp chất và nồng độ tạp chất pha vào bán dẫn, người ta có thể tạo ra bán dẫn thuộc loại mong muốn và có tính dẫn điện mong muốn. Đây chính là một tính chất rất đặc biệt của bán dẫn, khiến cho nó có nhiều ứng dụng.

Bài 23 (tiếp)

4. Lớp chuyển tiếp *p-n*



Hình 23.9 Sự hình thành lớp chuyển tiếp p-n.

a) Sự hình thành lớp chuyển tiếp *p-n*

Lớp chuyển tiếp *p-n* được hình thành khi ta cho hai mẫu bán dẫn khác loại, loại *p* và loại *n*, tiếp xúc với nhau (xem Hình 23.9).

Khi có sự tiếp xúc, lỗ trống và êlectron khuếch tán từ mẫu *p* sang mẫu *n* và ngược lại. Tuy nhiên, do ở bán dẫn *p*, lỗ trống là hạt tải điện đa số, nên dòng khuếch tán từ bán dẫn *p* sang *n* chủ yếu là dòng lỗ trống. Lỗ trống từ *p* sang *n* tái hợp với êlectron tự do. Do đó, ở phía bán dẫn *n* gần mặt phân cách hai mẫu bán dẫn, không còn hạt tải điện tự do nữa. Ở đó chỉ có các ion tạp chất mang điện dương. Tương tự, từ phía *n* sang phía *p*, dòng khuếch tán chủ yếu là êlectron. Phía *p*, gần mặt phân cách hai mẫu, có các ion tạp chất mang điện âm.

Trong thực tế, lớp chuyển tiếp *p-n* được tạo thành khi người ta pha các tạp chất một cách thích hợp vào các phần khác nhau của một mẫu bán dẫn.

Kết quả của sự khuếch tán là ở mặt phân cách giữa hai mẫu bán dẫn, bên phía bán dẫn *n* có một lớp điện tích dương, bên phía bán dẫn *p* có một lớp điện tích âm. Tại đó xuất hiện một *điện trường trong* $\vec{E}_t$, hướng từ phía *n* sang *p*, có tác dụng ngăn cản sự khuếch tán các hạt mang điện đa số (và thúc đẩy sự khuếch tán các hạt thiểu số). Cường độ của điện trường $\vec{E}_t$ tăng dần, làm cho dòng khuếch tán các hạt tải điện đa số giảm dần. Sự khuếch tán dừng lại khi cường độ điện trường này đạt giá trị ổn định. Ta nói rằng ở chỗ tiếp xúc hai loại bán dẫn đã hình thành *lớp chuyển tiếp p-n*. Lớp chuyển tiếp có điện trở lớn, vì ở đó hầu như không có hạt tải điện tự do.

Lớp này còn được gọi là *lớp nghèo hạt tải điện*, hay gọi tắt là lớp nghèo.

b) Dòng điện qua lớp chuyển tiếp *p-n*

• Ta mắc hai đầu của mẫu bán dẫn có lớp chuyển tiếp *p-n* vào một nguồn điện có hiệu điện thế *U*, sao cho cực dương của nguồn nối với bán dẫn *p*, cực âm nối với bán dẫn *n*, như trên Hình 23.10.

Điện trường ngoài $\vec{E}_n$ do nguồn điện gây ra ngược chiều với điện trường trong $\vec{E}_t$ của lớp chuyển tiếp, làm yếu điện trường trong. Do đó,

Bài 23 (tiếp)

dòng chuyển dời của các hạt tải điện đa số được tăng cường, gây nên dòng điện I có cường độ lớn chạy theo chiều từ bán dẫn p sang bán dẫn n. Đó là *dòng điện thuận*, được gây nên bởi *hiệu điện thế thuận* của nguồn điện. Dòng này tăng nhanh khi hiệu điện thế U tăng. Đây là trường hợp lớp chuyển tiếp *p-n* mắc theo chiều thuận, còn gọi là lớp chuyển tiếp *p-n* được *phân cực thuận*.

Như vậy, khi lớp chuyển tiếp được phân cực thuận, các hạt tải điện đa số ở hai phía đều đi đến lớp chuyển tiếp và vượt qua lớp này, gây nên sự *phun lỗ trống vào bán dẫn loại n*, và *phun electron vào bán dẫn loại p*.

• Ta đổi cực của nguồn điện mắc vào mẫu bán dẫn, tức là mắc cực dương vào bán dẫn n, cực âm vào bán dẫn p (Hình 23.11).

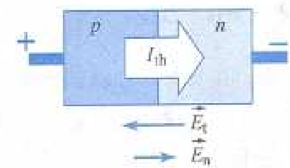
Điện trường ngoài $\vec{E}_n$ cùng chiều với điện trường trong $\vec{E}_t$. Vì thế, chuyển dời của các hạt tải điện đa số hoàn toàn bị ngăn cản. Qua lớp chuyển tiếp, chỉ có dòng các hạt tải điện thiểu số, gây nên dòng điện I chạy từ phía n sang phía p, có cường độ nhỏ và hầu như không thay đổi khi ta tăng hiệu điện thế U. Đó là *dòng điện ngược*, do *hiệu điện thế ngược* của nguồn gây nên. Đây là trường hợp lớp chuyển tiếp *p-n* mắc theo chiều ngược (hay *phân cực ngược*).

• Như vậy, dòng điện qua lớp chuyển tiếp *p-n* mắc theo chiều thuận (từ p sang n) có cường độ lớn, dòng điện qua lớp chuyển tiếp *p-n* mắc theo chiều ngược có cường độ rất nhỏ. ***Lớp chuyển tiếp p-n dẫn điện tốt theo một chiều, từ p sang n. Lớp chuyển tiếp p-n có tính chất chỉnh lưu.***

c) Đặc tuyến vôn-ampe của lớp chuyển tiếp *p-n*

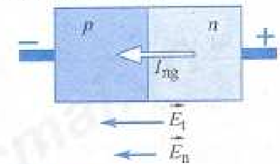
Khảo sát sự biến thiên của cường độ dòng điện theo hiệu điện thế, có thể thu được đường đặc trưng vôn-ampe, còn gọi là đặc tuyến vôn-ampe, của lớp chuyển tiếp *p-n* như trên Hình 23.12.

Tính chất của lớp chuyển tiếp *p-n* được ứng dụng trong nhiều dụng cụ bán dẫn như điôt, tranzito...



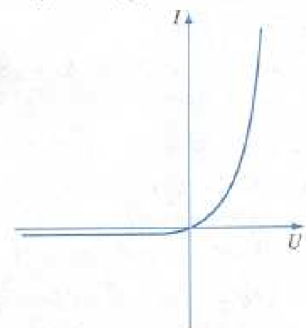
Hình 23.10 Lớp chuyển tiếp p-n mắc vào nguồn điện theo chiều thuận.

Điện trường ngoài $\vec{E}_n$ ngược chiều với điện trường trong $\vec{E}_t$. Dòng điện thuận (I_{th}) có cường độ lớn chạy từ p sang n.



Hình 23.11 Lớp chuyển tiếp p-n mắc vào nguồn điện theo chiều ngược.

Điện trường ngoài $\vec{E}_n$ cùng chiều với điện trường trong. Dòng điện ngược I_{ng} có cường độ rất nhỏ, chạy từ n sang p.



Hình 23.12 Đặc tuyến vôn-ampe của lớp chuyển tiếp p-n.

Dòng điện thuận có cường độ lớn và tăng nhanh theo hiệu điện thế thuận. Dòng điện ngược rất nhỏ và ít phụ thuộc hiệu điện thế.

Bài 23 (tiếp)

CÂU HỎI

1. Hãy nêu sự khác nhau về tính chất điện giữa kim loại và bán dẫn tinh khiết.
2. Có những loại bán dẫn nào ? Trong mỗi loại bán dẫn đó, các hạt tải điện là những loại nào, có số lượng ra sao và được tạo thành như thế nào ?
3. Hãy giải thích sự hình thành lớp chuyển tiếp *p-n*. Vì sao ta nói lớp chuyển tiếp *p-n* có tính chất chỉnh lưu ?
4. Hãy giải thích hình dạng của đường đặc trưng vôn-ampe của lớp chuyển tiếp *p-n*.

BÀI TẬP

1. Tìm câu đúng.

   A. Trong bán dẫn, mật độ êlectron luôn luôn bằng mật độ lỗ trống.

   B. Nhiệt độ càng cao, bán dẫn dẫn điện càng tốt.

   C. Bán dẫn loại *p* tích điện dương, vì mật độ lỗ trống lớn hơn mật độ êlectron.

   D. Bán dẫn có điện trở suất cao hơn kim loại, vì trong bán dẫn có hai loại hạt tải điện trái dấu, còn trong kim loại chỉ có một loại.

2. Chọn câu đúng.

   A. Điện trở của lớp chuyển tiếp *p-n* là nhỏ, khi lớp chuyển tiếp được mắc vào nguồn điện theo chiều ngược.

   B. Nhiệt độ càng cao, tính chỉnh lưu của lớp chuyển tiếp *p-n* càng kém.

   C. Khi lớp chuyển tiếp *p-n* được hình thành thì luôn có dòng điện chạy theo chiều từ bán dẫn loại *p* sang bán dẫn loại *n*, do sự khuếch tán của các hạt tải điện cơ bản mạnh hơn so với sự khuếch tán của các hạt tải điện không cơ bản.

   D. Khi lớp chuyển tiếp *p-n* được hình thành thì luôn có dòng điện từ bán dẫn loại *n* sang bán dẫn loại *p*, do điện trường trong ở lớp chuyển tiếp thúc đẩy chuyển động của các hạt tải điện thiểu số.

3. Ở nhiệt độ phòng, trong bán dẫn Si tinh khiết, số cặp êlectron – lỗ trống bằng 10^{-13} số nguyên tử Si. Nếu ta pha P vào Si với tỉ lệ một phần triệu, thì số hạt tải điện tăng lên bao nhiêu lần ?

Bài 24. Linh kiện bán dẫn

24 LINH KIỆN BÁN DẪN

Hình bên là ảnh một ngôi nhà được cấp điện bằng những tấm pin mặt trời chế tạo từ bán dẫn silic. Một phần điện năng được tích vào acquy để sử dụng ban đêm hoặc khi không có nắng.

Những tấm pin mặt trời tương tự còn được sử dụng trên các trạm vũ trụ.



1. Điôt

Điôt là các linh kiện bán dẫn hai cực, trong đó có một lớp chuyển tiếp *p-n*.

a) Điôt chỉnh lưu

Điôt chỉnh lưu dùng để chỉnh lưu dòng điện xoay chiều. Nó hoạt động trên cơ sở tính chất chỉnh lưu của lớp chuyển tiếp *p-n*. Điôt bán dẫn được kí hiệu như trên Hình 24.1.



Hình 24.1 Kí hiệu điôt bán dẫn.

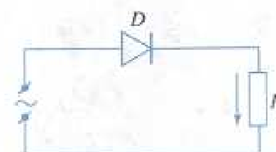
Phía trái là bán dẫn loại *p*, phía phải là loại *n*. Đỉnh của tam giác hướng sang phải chỉ chiều của dòng điện thuận qua lớp chuyển tiếp, từ *p* sang *n*.

Hình 24.2 là sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kì dùng điôt. Mạch gồm một điôt chỉnh lưu *D* mắc nối tiếp với điện trở tải *R*.

Khi một hiệu điện thế xoay chiều được đặt vào mạch, thì dòng điện chỉ chạy qua mạch ở nửa chu kì mà lớp chuyển tiếp *p-n* được mắc theo chiều thuận, tức là điện thế phía bán dẫn loại *p* cao hơn điện thế phía bán dẫn loại *n*. Dòng điện chạy qua điện trở tải theo chiều mũi tên.

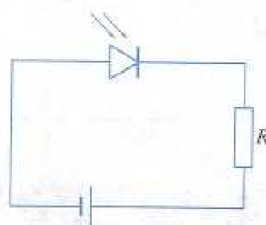
Ở nửa chu kì sau, điôt được mắc theo chiều ngược. Dòng điện chạy trong mạch là rất nhỏ và có thể bỏ qua. Vì vậy, dòng điện qua điện trở tải trên thực tế chỉ chạy theo một chiều (từ trên xuống dưới, Hình 24.2), và ở mỗi chu kì của dòng điện xoay chiều, dòng điện chỉ chạy qua *R* trong một nửa chu kì.

C1 Hãy nêu một thí nghiệm đơn giản để minh hoạ tính chất chỉnh lưu của một điôt bán dẫn.



Hình 24.2 Mạch chỉnh lưu một nửa chu kì dùng điôt bán dẫn.

Bài 24 (tiếp)



Hình 24.3 Phôtôđiôt mắc trong mạch.

Phôtôđiôt được kí hiệu bằng điôt có hai mũi tên (tượng trưng cho tia sáng) hướng vào. Khi ánh sáng có cường độ biến thiên chiếu vào điôt, thì cường độ dòng điện ngược qua điôt cũng biến thiên. Trên điện trở tải R, có hiệu điện thế biến thiên theo cường độ ánh sáng.

b) Phôtôđiôt

Ánh sáng có bước sóng thích hợp chiếu vào lớp chuyển tiếp *p-n* tạo thêm các cặp êlectron – lỗ trống. Do đó, nếu điôt mắc vào hiệu điện thế ngược, thì dòng ngược qua lớp chuyển tiếp *p-n* tăng lên rõ rệt khi có ánh sáng. Ánh sáng càng mạnh thì cường độ dòng ngược càng lớn. Người ta ứng dụng điều này để chế tạo ra *phôtôđiôt* (hay điôt quang), dùng làm cảm biến ánh sáng (Hình 24.3).

Phôtôđiôt biến đổi tín hiệu ánh sáng thành tín hiệu điện, do đó nó là một loại dụng cụ không thể thiếu trong thông tin quang học, trong kĩ thuật tự động hoá...

c) Pin mặt trời

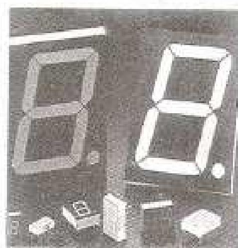
Khi ánh sáng làm phát sinh các cặp êlectron – lỗ trống ở lớp chuyển tiếp *p-n*, thì điện trường trong $\vec{E}_t$ tại đây có tác dụng đẩy các lỗ trống sang phía bán dẫn *p* và các êlectron sang phía bán dẫn *n*. Giữa hai đầu của điôt có một hiệu điện thế. Đó chính là suất điện động quang điện. Nếu ta đóng mạch điôt (nối hai đầu điôt, phía *p* và *n*) bằng một điện trở, thì trong mạch có dòng điện. Điôt được chiếu sáng trở thành một nguồn điện, với phía *p* là cực dương, phía *n* là cực âm. Đó là *pin quang điện*.

Hiện nay các tấm pin quang điện làm bằng Si được dùng rộng rãi để chuyển năng lượng ánh sáng mặt trời thành điện. Đó là những *pin mặt trời* (xem ảnh đầu bài).

Điôt phát quang còn được gọi là LED, viết tắt của Light Emitting Diode.

d) Điôt phát quang

Nếu điôt được chế tạo từ những vật liệu bán dẫn thích hợp, thì khi dòng điện thuận chạy qua điôt, ở lớp chuyển tiếp *p-n* có ánh sáng phát ra. Đó là *điôt phát quang*. Màu sắc của ánh sáng phát ra tuỳ thuộc các bán dẫn dùng làm điôt và cách pha tạp chất vào các bán dẫn đó. Điôt phát quang được dùng làm các bộ hiển thị (Hình 24.4), đèn báo, làm các màn hình quảng cáo và làm nguồn sáng.



Hình 24.4 Dụng cụ hiển thị bằng điôt phát quang.

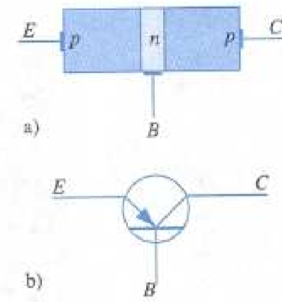
Bài 24 (tiếp)

Laze bán dẫn cũng hoạt động trên cơ sở sự phát quang ở lớp chuyển tiếp *p-n*.

e) **Pin nhiệt điện bán dẫn**

• Cặp nhiệt điện làm từ hai thanh *bán dẫn khác loại* (*n* và *p*) có thể có hệ số nhiệt điện động α_T lớn hơn hàng trăm lần so với ở cặp nhiệt điện kim loại (xem Bài 18). Do đó các pin nhiệt điện dùng trong thực tế đều được làm bằng bán dẫn (như BiTe, BiSe...).

• Ở dãy các cặp nhiệt điện làm từ những thanh bán dẫn loại *n* và loại *p* xen kẽ nhau, người ta còn quan sát thấy rất rõ *hiện tượng nhiệt điện ngược*, tức là khi cho dòng điện chạy qua một dãy như vậy, thì các mối hàn hoặc là nóng lên hoặc là lạnh đi ; các mối hàn nóng và lạnh xen kẽ nhau. Hiện tượng này được ứng dụng để chế tạo các thiết bị làm lạnh gọn, nhẹ, hiệu quả cao dùng trong khoa học, y học...



Hình 24.5 Tranzito *p-n-p*.
a) Cấu tạo ; b) Kí hiệu.

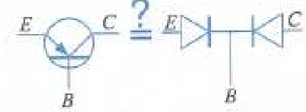
2. Tranzito

a) **Cấu tạo**

Tranzito là một dụng cụ bán dẫn có hai lớp chuyển tiếp *p-n*. Tranzito được tạo thành từ một mẫu bán dẫn, trên đó bằng cách khuếch tán các tạp chất, người ta tạo thành ba khu vực bán dẫn, theo thứ tự là *p-n-p* hoặc *n-p-n*. Khu vực ở giữa có chiều dày rất nhỏ (vài micrômét) và có mật độ hạt tải điện thấp.

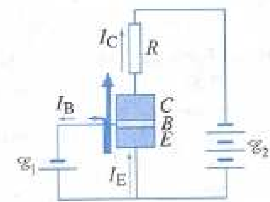
Hình 24.5a mô tả cấu tạo của một tranzito *p-n-p*. Ba cực của tranzito được nối với ba khu vực, và được gọi là *cực phát E* (hay êmitơ), *cực gốc B* (hay bazơ) và *cực góp C* (hay colectơ). Trong các sơ đồ mạch điện tử, tranzito được kí hiệu như trên Hình 24.5b.

C2 Từ cấu tạo của tranzito như trên Hình 24.5, có thể coi nó như là hai điôt mắc chung nhau ở một đầu được không ?



b) **Hoạt động**

• Để tranzito làm việc được, người ta mắc nó vào mạch như trên Hình 24.6. Nguồn điện $\mathscr{E}_1$ (khoảng trên dưới một vôn) làm cho lớp chuyển tiếp $E - B$ được phân cực thuận. Nguồn điện $\mathscr{E}_2$ lớn hơn $\mathscr{E}_1$ từ năm đến mười lần, làm cho lớp chuyển tiếp $B - C$ được phân cực ngược.

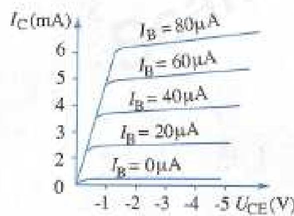


Hình 24.6 Sơ đồ nguyên lí mạch khuếch đại dùng tranzito *p-n-p*.

Bài 24 (tiếp)

• Vì lớp chuyển tiếp $E-B$ được phân cực thuận, nên có sự phun hạt tải qua lớp chuyển tiếp, tạo nên dòng điện I_E. Tuy nhiên, dòng I_E chủ yếu là dòng lỗ trống từ E sang B, còn phần do dòng êlectron từ B sang E là không đáng kể, vì lớp bán dẫn n của cực B có mật độ hạt tải điện rất thấp. Mặt khác, do lớp bán dẫn n của cực B có độ dày rất nhỏ, nên phần lớn số lỗ trống từ cực E vượt qua lớp B chạy sang lớp chuyển tiếp $B-C$. Tại đây, lỗ trống được cuốn qua lớp chuyển tiếp bởi điện trường phân cực ngược, gây nên dòng I_C. Chỉ một phần rất nhỏ của I_E chạy ra cực B, gây nên dòng I_B. Do đó $I_B \ll I_E$ và $I_C \approx I_E$. Tỉ số $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ gọi là *hệ số khuếch đại dòng điện*. β thường có giá trị từ vài chục đến vài trăm.

• Nếu hiệu điện thế giữa cực E và cực B biến thiên một lượng ΔU_{EB}, thì dòng I_E và I_B cũng biến thiên, làm cho dòng I_C cũng biến thiên theo. Điện trở R mắc trong mạch của cực C có giá trị khá lớn, thường là vài kilôôm. Vì vậy, sự biến thiên ΔI_C gây nên giữa hai đầu của R một biến thiên hiệu điện thế $\Delta U_C = \Delta I_C.R = \beta.\Delta I_B.R$ lớn hơn ΔU_{BE} nhiều lần. Ta nói rằng biến thiên hiệu điện thế ΔU_{BE} được *khuếch đại* trong mạch tranzito.



Hình 24.7 Họ đặc tuyến ra của tranzito p-n-p.

Chỉ cần I_B có giá trị nhỏ (20 μA), thì dòng I_C cũng đã có giá trị đáng kể (khoảng 2,5 mA). I_C tăng nhanh khi I_B tăng.

• Mối quan hệ giữa các giá trị cường độ dòng điện và các hiệu điện thế trong mạch được thể hiện qua các *đặc tuyến*, mô tả sự phụ thuộc lẫn nhau giữa hai đại lượng khi các đại lượng còn lại có giá trị xác định. Trên Hình 24.7 là ví dụ *họ đặc tuyến ra* biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ dòng I_C vào hiệu điện thế U_{CE} với các giá trị khác nhau của I_B. Từ họ đặc tuyến, có thể xác định được các thông số của mạch.

Khi dòng $I_B = 0$, tranzito ở *trạng thái ngắt*.

Khi dòng I_B có giá trị lớn và I_C đạt giá trị cực đại, tranzito ở *trạng thái bão hoà*.

Bài 24 (tiếp)

CÂU HỎI

1. Hãy nêu tên các linh kiện bán dẫn mà em biết.
2. Quang điện trở và phôtôđiôt đều có thể dùng làm cảm biến ánh sáng. Hãy so sánh hoạt động của hai loại cảm biến này.
3. Hãy nêu các linh kiện bán dẫn hoạt động trên cơ sở lớp chuyển tiếp *p-n* và giải thích hoạt động của chúng.
4. Hãy vẽ sơ đồ mạch khuếch đại dùng tranzito *n-p-n* và giải thích tác dụng của nó.

BÀI TẬP

1. Chọn câu sai.

   A. Với cùng một hiệu điện thế ngược đặt vào một điôt chỉnh lưu, cường độ dòng điện ngược tăng khi nhiệt độ tăng.

   B. Có thể dùng điôt phát quang để làm thí nghiệm minh hoạ tính chỉnh lưu của điôt.

   C. Phôtôđiôt có thể tạo ra dòng điện, nếu lớp chuyển tiếp *p-n* của nó được chiếu bằng ánh sáng thích hợp, khi hai cực của phôtôđiôt được nối với một điện trở.

   D. Có thể thay thế một tranzito *n-p-n* bằng hai điôt mắc chung ở phía bán dẫn loại *p*.

Em có biết ?

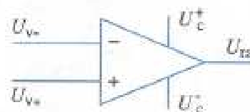
VI MẠCH KHUẾCH ĐẠI

• Các loại tranzito có mặt với số lượng lớn trong hầu như mọi thiết bị điện tử. Chúng có ưu điểm là tiêu thụ ít năng lượng, hiệu suất cao, dùng nguồn điện có hiệu điện thế thấp, bền vững cơ học, thời gian sử dụng dài, có thể chế tạo chúng với kích thước rất bé.

Hiện nay, công nghệ bán dẫn cho phép chế tạo trên cùng một phiến bán dẫn nhiều tranzito, cùng với nhiều linh kiện khác như điôt, điện trở, tụ điện... tạo nên các *mạch điện tử tích hợp*, có kích thước rất nhỏ, thường gọi là *mạch vi điện tử* hay *vi mạch*.

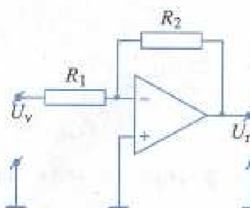
• Một loại mạch vi điện tử thông dụng gọi là mạch khuếch đại thuật toán (KĐTT). Mạch này gồm nhiều tầng khuếch đại dùng tranzito mắc liên tiếp nhau, vì thế hệ số khuếch đại

Bài 24 (tiếp)



Hình 24.8 Vi mạch KĐTT.

U_c^+ và U_c^- là các điện thế của nguồn điện (thường cao hơn 10 V), U_{v-} là điện thế ở lối vào đảo (–), U_{v+} là điện thế ở lối vào không đảo (+), U_{ra} là điện thế ở lối ra.



Hình 24.9 Sơ đồ khuếch đại dùng KĐTT.

Các điện trở R_1 và R_2 lập thành mạch hồi tiếp. Hệ số khuếch đại của mạch này là $K = \frac{U_{ra}}{U_v} = -\frac{R_2}{R_1}$. Dấu trừ cho thấy tín hiệu ở lối ra ngược pha với tín hiệu ở lối vào. Các hiệu điện thế được xác định so với đất (kí hiệu là ⊥).

của mạch rất lớn, có thể có giá trị đến hàng trăm nghìn. Vi mạch được đặt trong vỏ nhựa và nối ra ngoài qua các chân dẫn điện bằng kim loại.

Trên Hình 24.8 là kí hiệu của mạch KĐTT với các chân chủ yếu.

Tín hiệu được đưa vào một trong hai lối vào, và lấy ra ở lối ra. Hoạt động của KĐTT phụ thuộc vào các thông số đặc trưng của bản thân KĐTT và cả của mạch điện bên ngoài mắc với nó.

Nếu không có phần tử nào nối lối ra với lối vào đảo (–), thì chỉ cần tín hiệu ở lối vào có điện thế rất nhỏ, mạch đã bão hoà, nghĩa là điện thế ở lối ra có giá trị bằng điện thế của nguồn điện (U_c^+ hoặc U_c^-). Trong trường hợp này, KĐTT được sử dụng làm *mạch so sánh*.

Muốn cho mạch có tác dụng *khuếch đại tuyến tính*, nghĩa là tín hiệu ở lối ra tỉ lệ với tín hiệu ở lối vào, người ta nối lối ra với lối vào đảo (–) bằng các điện trở, như trên Hình 24.9. Mạch gồm R_1 và R_2 mắc như vậy gọi là *mạch hồi tiếp*. Nếu một tín hiệu biến thiên được đưa vào lối vào đảo (–), thì tín hiệu ra ngược pha với tín hiệu vào.

Bằng cách lựa chọn các phần tử mắc trong mạch hồi tiếp, người ta có thể sử dụng KĐTT với các chức năng khác như khuếch đại lọc lựa, phát tín hiệu tuần hoàn, sửa dạng tín hiệu, lọc tín hiệu, hoặc thực hiện các phép tính toán đại số trên các tín hiệu (từ đó mạch có tên là khuếch đại thuật toán).

Bài 25. Thực hành: Khảo sát đặc tính chỉnh lưu của điôt bán dẫn và đặc tính khuếch đại của tranzito

Thực hành :
25 KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH CHỈNH LƯU CỦA ĐIÔT BÁN DẪN VÀ ĐẶC TÍNH KHUẾCH ĐẠI CỦA TRANZITO

1. Mục đích

• Bằng thực nghiệm thấy được đặc tính chỉnh lưu dòng điện của điốt bán dẫn và đặc tính khuếch đại của tranzito.

• Vận dụng kiến thức lí thuyết về dòng điện trong bán dẫn, giải thích được kết quả thực nghiệm.

• Tiếp cận với một vài giải pháp về kĩ thuật điện tử trong thực tế.

• Củng cố kĩ năng sử dụng dụng cụ đo điện như vôn kế, ampe kế, bước đầu làm quen với dao động kí điện tử (thật hoặc ảo).

2. Cơ sở lí thuyết

• Dòng điện trong bán dẫn.

• Đặc tính dẫn điện của điốt.

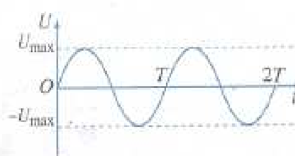
• Đặc tính dẫn điện của tranzito, các dòng điện I_E, I_B, I_C.

• Khái niệm về dòng điện xoay chiều.

– Ở lớp 9 ta đã biết sơ lược về dòng điện xoay chiều.

"Khi cho cuộn dây dẫn kín quay trong từ trường của nam châm, hoặc cho nam châm quay trước cuộn dây thì trong cuộn dây có thể xuất hiện dòng điện cảm ứng xoay chiều".

– Nếu cuộn dây quay đều, ta sẽ có một dòng điện xoay chiều mà hiệu điện thế của nó biến thiên theo dạng sin ; nếu mạch kín thì cũng sẽ có cường độ dòng điện dạng sin (Hình 25.1).



Hình 25.1. Đồ thị dòng điện xoay chiều.

– Dòng điện xoay chiều dân dụng ở nước ta có các thông số sau :

+ Tần số 50 Hz. (*Giá trị này cho biết dòng điện biến thiên tuần hoàn 50 lần trong một giây*).

+ Hiệu điện thế hiệu dụng 220 V. (*Giá trị này cho biết tác dụng toả nhiệt của dòng điện xoay chiều này tương đương với tác dụng toả nhiệt của một dòng điện không đổi 220 V*).

+ Biên độ cỡ 310 V (*giá trị tức thời lớn nhất* $\pm U_{max}$).

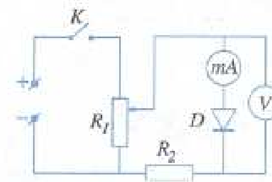
Bài 25 (tiếp)

3. Phương án thí nghiệm

a) Khảo sát đặc tính chỉnh lưu của điốt bán dẫn

***Phương án 1 :* Dùng vôn kế và ampe kế**

• Dụng cụ thí nghiệm



Hình 25.2

– Một điốt chỉnh lưu có thể thay bằng đèn LED.
– Một bộ pin 3 V (hoặc nguồn điện đa năng).
– Một biến trở cỡ 50 Ω.
– Một điện trở 10 Ω /2 W.
– Một vôn kế.
– Một miliampe kế.
– Một ngắt điện.

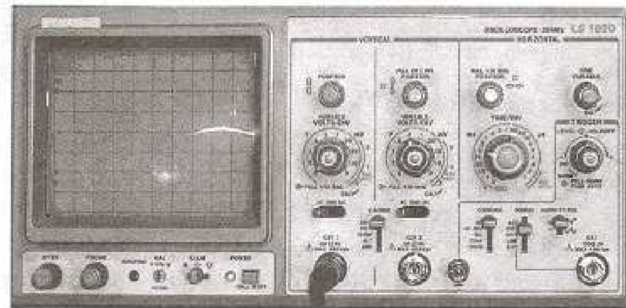
• Tiến trình thí nghiệm

– Kiểm tra dụng cụ.
– Lắp sơ đồ mạch điện theo sơ đồ Hình 25.2.
– Dịch chuyển con chạy của biến trở để biến đổi hiệu điện thế. Quan sát số chỉ của vôn kế và miliampe kế.
– Đảo ngược cực của pin và lặp lại thao tác như trên.
– Ghi các cặp giá trị của U và I ứng với mỗi bước chuyển của U là 0,4 V ở cả hai giai đoạn $U > 0$ và $U < 0$.
– Lập bảng các số liệu U, I.
– Vẽ đồ thị trên giấy kẻ ô milimét.

***Phương án 2 :* Dùng dao động kí điện tử**

• Dụng cụ thí nghiệm

– Một điốt bán dẫn chỉnh lưu.
– Hai điện trở 2 kΩ công suất nhỏ cỡ 0,5 W.
– Một dao động kí điện tử hai chùm tia (Hình 25.3).


Hình 25.3 Dao động kí điện tử.

Bài 25 (tiếp)

– Một máy phát dao động (Hình 25.4) hoặc nguồn điện xoay chiều 6 V – 1 A.



Hình 25.4 Máy phát dao động.

– Một ngắt điện và các dây nối.

– Giấy vẽ đồ thị.

• Tiến trình thí nghiệm

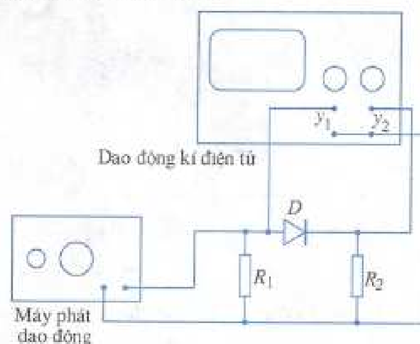
– Kiểm tra dụng cụ.

– Vẽ sơ đồ mạch điện Hình 25.5.

– Lắp mạch điện theo sơ đồ, kiểm tra trước khi đóng mạch.

– Điều chỉnh máy phát dao động để có dao động hình sin tần số 50 Hz, biên độ 5V (xem thêm phụ lục 1).

– Dùng dao động kí điện tử để quan sát cùng một lúc đồ thị dòng điện ở trước và sau điốt.



Hình 25.5 Sơ đồ khảo sát đặc tính chỉnh lưu của điốt.

Bài 25 (tiếp)

Chú ý điều chỉnh máy để có đồ thị của 2 – 3 chu kì, ổn định và dễ đọc các giá trị trên màn (xem thêm Phụ lục 1).

– Ghi kết quả.

– Vẽ đồ thị $U = f(t)$ của dòng điện ở trước và sau điôt theo kết quả trên màn dao động kí (nên dùng giấy có ô milimét).

– Xác định gần đúng giá trị của U trước và sau chỉnh lưu.

– Nhận xét về độ giảm thế trên điôt.

b) Khảo sát đặc tính khuếch đại của tranzito

Chọn một trong hai phương án

***Phương án 1* : Dùng dao động kí điện tử**

• Dụng cụ thí nghiệm

– Một tranzito *n-p-n*.

– Dao động kí điện tử.

– Máy phát dao động.

– Các điện trở 5 kΩ, 150 kΩ, 3 kΩ.

– Một tụ điện 1 μF.

– Bộ pin 6 V hoặc bộ nguồn *DC* có điều chỉnh.

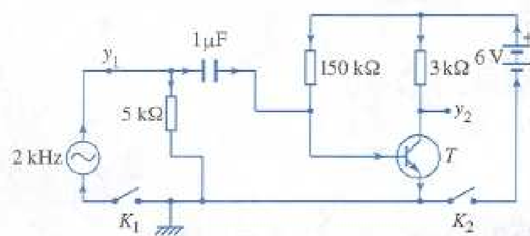
– Hai ngắt điện K_1, K_2.

– Các dây nối.

• Tiến trình thí nghiệm

– Kiểm tra các dụng cụ (xem thêm Phụ lục 1).

– Mắc mạch điện theo sơ đồ cực phát chung (Hình 25.6).



Hình 25.6 Sơ đồ khảo sát đặc tính khuếch đại dao động điện của tranzito.

– Điều chỉnh máy phát dao động để có dao động hình sin, 2 kHz, biên độ 0,1 V.

– Điều chỉnh dao động kí để có tần số quét cỡ 400 Hz.

Chạm hai que đo của dao động kí vào điểm y_1 và y_2 rồi điều chỉnh dao động kí để có hai đường đồ thị ổn định của khoảng 5 – 6 chu kì.

– Quan sát đồ thị của tín hiệu ở trước (y_1) và sau tranzito (y_2).

– Thay đổi biên độ của máy phát dao động, quan sát sự thay đổi của hai đồ thị.

– Ngắt K_1, đóng K_2, quan sát đồ thị trên màn, sau đó lại đóng K_1 và quan sát tiếp.

– Ghi kết quả.

– Vẽ trên giấy ô milimét đồ thị của tín hiệu trước và sau tranzito. Chú ý các trục và định lượng các giá trị theo các ô trên màn hình.

– Xác định gần đúng độ khuếch đại của mạch bằng cách lập tỉ số giữa biên độ của tín hiệu ở lối vào y_1 với biên độ của tín hiệu ở lối ra y_2.

– Nhận xét sự thay đổi của độ khuếch đại khi tín hiệu vào thay đổi về biên độ và khi không có tín hiệu vào.

Phương án 2 **: Dùng bóng đèn chỉ thị**

• Dụng cụ thí nghiệm

– Một tranzito *n-p-n*.

– Hai bóng đèn công suất rất nhỏ cỡ 100 mW ; 60 mA (có thể thay thế bằng hai đèn LED phân cực thuận).

– Một điện trở cỡ 100 – 200 kΩ ; 1 W.

– Hai ngắt điện.

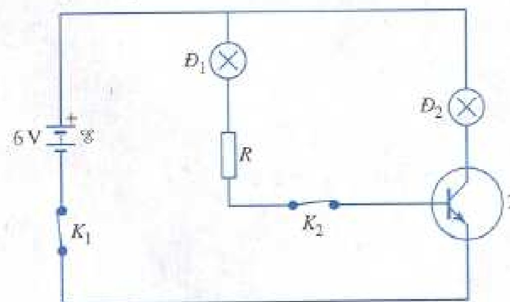
– Bộ pin 6 V hoặc bộ nguồn DC.

– Các dây nối.

• Tiến trình thí nghiệm

– Kiểm tra dụng cụ.

– Mắc mạch điện theo sơ đồ (Hình 25.7) theo mạch cực phát chung.



Hình 25.7 Sơ đồ khảo sát đặc tính khuếch đại của tranzito.

Bài 25 (tiếp)

– Quan sát các đèn khi :

• Đóng K_1, ngắt K_2.

• Đóng K_1, đóng K_2.

– Ghi kết quả.

– Vẽ sơ đồ mạch điện trong khi K_1, K_2 đều đóng.

– Phân tích chiều dòng điện chạy qua các linh kiện, chỉ rõ I_E, I_B, I_C.

– Quan sát các bóng đèn, ước tính về độ lớn và về tương quan giữa I_B và I_C.

4. Báo cáo thí nghiệm

Trình bày cả hai nội dung điôt và tranzito, mỗi nội dung đều có 5 mục.

a) Mục đích thí nghiệm.

b) Cơ sở lí thuyết.

c) Tiến trình thí nghiệm.

d) Kết quả thí nghiệm : lập bảng số liệu, vẽ đồ thị.

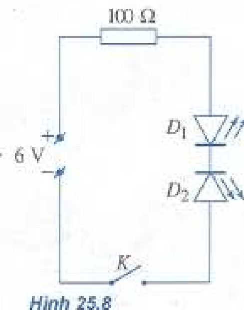
e) Nhận xét về kết quả thí nghiệm.

CÂU HỎI

1. Khi làm thí nghiệm về điôt ta thấy đồ thị $U(t)$ ở trước và sau điôt có sự chênh lệch về giá trị cực đại, hãy dự đoán nguyên nhân và giải thích. Ta có thể dựa vào sự chênh lệch đó để tìm ra độ giảm điện thế trên điôt được không, tại sao ?
2. Một bạn khi làm thí nghiệm về tranzito theo phương án 2 đã lắp ngược cực của nguồn điện $\mathscr{E}$. Hãy dự đoán xem đèn $Đ_2$ có sáng không, tại sao ?

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.
Qua thí nghiệm về điôt, một số bạn có phán đoán về trị số điện trở của điôt như sau :
A. Không đổi, như dây dẫn kim loại.
B. Biến đổi theo hiệu điện thế.
C. Luôn tăng theo hiệu điện thế.
D. Luôn giảm theo hiệu điện thế.
2. Chọn câu đúng.
Người ta mắc hai đầu đèn LED với nguồn điện như Hình 25.8. Khi đóng K thì :
A. D_1 sáng, D_2 tắt.
B. D_1 tắt, D_2 sáng.
C. D_1, D_2 đều tắt.
D. D_1, D_2 đều sáng.



Hình 25.8

Tóm tắt chương III

TÓM TẮT CHƯƠNG III

1. Dòng điện trong kim loại

• Các tính chất điện của kim loại có thể giải thích được dựa trên sự có mặt của các êlectron tự do trong kim loại. Dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron tự do.

• Trong chuyển động, các êlectron tự do luôn luôn "va chạm" với các chỗ mất trật tự của mạng tinh thể và truyền một phần động năng cho mạng tinh thể. Sự va chạm này là nguyên nhân gây ra điện trở của dây dẫn kim loại và tác dụng nhiệt. Điện trở suất của kim loại tăng theo nhiệt độ.

• Hiện tượng tạo thành suất điện động nhiệt điện trong một mạch điện kín gồm hai vật dẫn khác nhau khi giữ hai mối hàn ở hai nhiệt độ khác nhau là hiện tượng nhiệt điện.

• Hiện tượng khi nhiệt độ hạ xuống dưới một nhiệt độ T_C nào đó, điện trở của kim loại (hay hợp kim) giảm đột ngột đến giá trị bằng không, là *hiện tượng siêu dẫn*.

2. Dòng điện trong chất điện phân

• Dòng điện trong chất điện phân là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương (về catôt) và ion âm (về anôt). Các ion trong chất điện phân xuất hiện là do sự phân li của các phân tử chất tan trong dung môi.

Khi đến các điện cực thì các ion sẽ trao đổi êlectron với các điện cực, tạo thành nguyên tử hay phân tử trung hoà rồi được giải phóng ra ở đó, hoặc tham gia các phản ứng phụ. Một trong các phản ứng phụ là phản ứng dương cực tan, phản ứng này xảy ra trong các bình điện phân có anôt là kim loại mà muối của nó có mặt trong dung dịch điện phân.

• *Định luật Fa-ra-đây về điện phân*

Khối lượng m của chất được giải phóng ra ở các điện cực tỉ lệ với đương lượng gam $\frac{A}{n}$ của chất đó và với điện lượng q đi qua dung dịch điện phân.

Công thức của định luật Fa-ra-đây :

$$m = \frac{1}{F}\frac{A}{n}It$$

$$F \approx 96\,500 \text{ C/mol}$$

Tóm tắt chương III (tiếp)

3. Dòng điện trong chân không

Dòng điện trong chân không là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron bứt ra từ catôt bị nung nóng do tác dụng của điện trường. Đặc điểm của dòng điện trong chân không là nó chỉ chạy theo một chiều nhất định từ anôt sang catôt.

Tia catôt là dòng êlectron phát ra từ catôt.

4. Dòng điện trong chất khí

• Dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương về catôt, các ion âm và êlectron về anôt.

Khi cường độ điện trường trong chất khí còn yếu, muốn có các ion và êlectron dẫn điện trong chất khí cần phải có tác nhân ion hoá (ngọn lửa, tia lửa điện...) (phóng điện không tự lực). Còn khi cường độ điện trường trong chất khí đủ mạnh thì có xảy ra sự ion hoá do va chạm làm cho số điện tích tự do (ion và êlectron) trong chất khí tăng vọt lên (phóng điện tự lực).

Sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chất khí vào hiệu điện thế giữa anôt và catôt có dạng phức tạp, không tuân theo định luật Ôm (trừ hiệu điện thế rất thấp).

• Tia lửa điện và hồ quang điện là hai dạng phóng điện trong không khí ở điều kiện thường.

Cơ chế của tia lửa điện là sự ion hoá do va chạm khi cường độ điện trường trong không khí lớn hơn 3.10^6 V/m.

• Khi áp suất trong chất khí chỉ còn vào khoảng từ 1 đến 0,01 mmHg, trong ống phóng điện có sự phóng điện thành miền : ngay ở phần mặt catôt có miền tối catôt, phần còn lại của ống cho đến anôt là cột sáng anôt.

Khi áp suất trong ống giảm dưới 10^{-3} mmHg thì miền tối catôt sẽ chiếm toàn bộ ống, lúc đó ta có tia catôt.

5. Dòng điện trong chất bán dẫn

• Dòng điện trong bán dẫn là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron tự do và lỗ trống.

Tuỳ theo loại tạp chất pha vào bán dẫn tinh khiết, mà bán dẫn thuộc một trong hai loại là bán dẫn loại *n* và bán dẫn loại *p*. Dòng điện trong bán dẫn loại *n* chủ yếu là dòng êlectron, còn trong bán dẫn loại *p* chủ yếu là dòng các lỗ trống.

Lớp chuyển tiếp *p-n* có tính dẫn điện chủ yếu theo một chiều nhất định, từ *p* sang *n*.

CHƯƠNG IV

Từ trường



Máy gia tốc xiclôtrôn tại trường Đại học Rát-gơ (Mĩ).

Chương này trình bày những vấn đề về lực từ tác dụng lên một đoạn dòng điện thẳng, lực từ tác dụng lên một hạt mang điện chuyển động (lực Lo-ren-xơ), quy tắc bàn tay trái xác định chiều của lực từ, từ trường của dòng điện thẳng, dòng điện tròn, dòng điện trong ống dây và các quy tắc xác định chiều của các đường sức từ trong các trường hợp nói trên.

Bài 26. Từ trường.

26 TỪ TRƯỜNG

1. Tương tác từ

a) Cực của nam châm

Các nam châm mà ta thường gặp có hai cực, một cực gọi là cực Bắc, kí hiệu là *N*, cực kia gọi là cực Nam, kí hiệu là *S*. Trong thực tế, ta còn gặp những nam châm có số cực lớn hơn 2. Nhưng không có nam châm nào mà số cực là một số lẻ.

b) Thí nghiệm về tương tác từ

• Đưa hai cực cùng tên của hai nam châm lại gần nhau thì chúng đẩy nhau (Hình 26.1a), hai cực khác tên gần nhau thì chúng hút nhau (Hình 26.1b)[1].

• *Thí nghiệm Ơ-xtét*

Năm 1820, Ơ-xtét đã làm một thí nghiệm được mô tả như trên Hình 26.2.

Thí nghiệm đó cho thấy dòng điện cũng tác dụng lực lên nam châm.

Thí nghiệm Ơ-xtét có ý nghĩa quan trọng đặc biệt, nó chỉ ra rằng dòng điện và nam châm có mối liên hệ chặt chẽ.

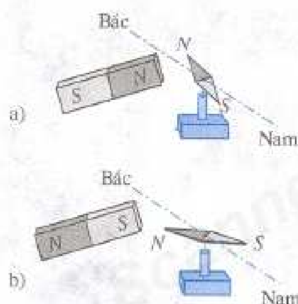
• Bố trí thí nghiệm như trên Hình 26.3.

Thí nghiệm này cho thấy hai dòng điện cũng tương tác với nhau.

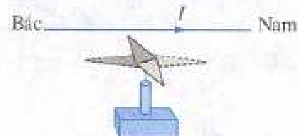
Tương tác giữa nam châm với nam châm, giữa dòng điện với nam châm và giữa dòng điện với dòng điện đều gọi là tương tác từ. Lực tương tác trong các trường hợp đó gọi là lực từ.



Ơ-XTÉT
(Hans Christian Oersted, 1777 – 1851, nhà vật lí người Đan Mạch)



Hình 26.1 Thí nghiệm về tương tác giữa nam châm với nam châm.



Hình 26.2 Thí nghiệm Ơ-xtét.

Dây dẫn nằm theo hướng Bắc – Nam. Đường nét đứt biểu thị vị trí kim nam châm trước khi cho dòng điện qua dây dẫn.

(1) Trong sách này ta quy ước ở các hình vẽ : cực Nam (*S*) của nam châm màu nhạt, cực Bắc (*N*) màu đậm.

Bài 26 (tiếp)

2. Từ trường

a) Khái niệm từ trường

Một kim nam châm nhỏ ở gần một thanh nam châm hay một dòng điện, thì có lực từ tác dụng lên kim nam châm. Ta nói, **xung quanh thanh nam châm hay xung quanh dòng điện có từ trường.**

b) Điện tích chuyển động và từ trường

Xung quanh dòng điện có từ trường. Nhưng dòng điện là do sự chuyển động có hướng của các điện tích tạo thành. Vì vậy có thể suy ra là từ trường của dòng điện thực chất là từ trường của các điện tích chuyển động tạo thành dòng điện đó.

Hiện nay lí thuyết và thực nghiệm đã chứng tỏ rằng **xung quanh điện tích chuyển động có từ trường.**

c) Tính chất cơ bản của từ trường

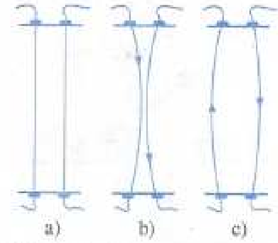
Tính chất cơ bản của từ trường là nó **gây ra lực từ tác dụng lên một nam châm hay một dòng điện đặt trong nó.**

Kim nam châm nhỏ dùng để phát hiện từ trường được gọi là *nam châm thử*.

d) Cảm ứng từ

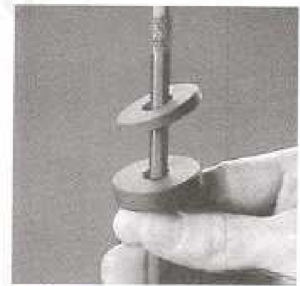
Để đặc trưng cho từ trường về mặt gây ra lực từ, ta đưa vào một đại lượng vectơ gọi là *cảm ứng từ* và kí hiệu là $\vec{B}$. Khi nam châm thử nằm cân bằng ở các điểm khác nhau trong từ trường thì nói chung nó định hướng theo các phương khác nhau. Điều đó gợi ý ta coi **phương của nam châm thử nằm cân bằng tại một điểm trong từ trường là phương của vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ của từ trường tại điểm đó. Ta quy ước lấy chiều từ cực Nam sang cực Bắc của nam châm thử là chiều của $\vec{B}$.**

Xét một đoạn dòng điện ngắn được đặt tại hai điểm khác nhau trong từ trường. Ta thừa nhận rằng lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện ở điểm nào lớn hơn thì cảm ứng từ tại điểm đó lớn hơn.



Hình 26.3 *Tương tác giữa hai dòng điện.*
a) Hai dây dẫn khi chưa có dòng điện. b) Hai dòng điện cùng chiều, hai dây hút nhau. c) Hai dòng điện ngược chiều, hai dây đẩy nhau.

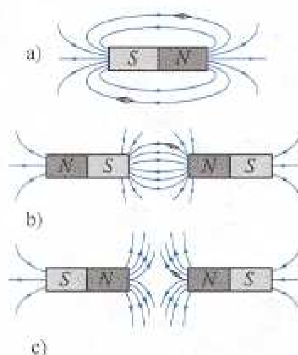
Ta đã biết xung quanh một điện tích có điện trường. Vậy xung quanh một điện tích chuyển động vừa có điện trường, vừa có từ trường.



Hình 26.4 *Hai nam châm tròn đẩy nhau.*

C1 Hãy chỉ ra các cực của các nam châm trong Hình 26.4.

C2 Coi kim nam châm trong các thí nghiệm ở Hình 26.1, 26.2 là nam châm thử. Hãy nói rõ phương và chiều của vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ tại điểm đặt kim nam châm ở các hình đó.



Hình 26.5 Đường sức từ của một số nam châm.

3. Đường sức từ

a) Định nghĩa

Ta vẽ một đường trong từ trường sao cho khi một nam châm thử nằm cân bằng tại điểm bất kì của đường thì nó nằm trên tiếp tuyến với đường vừa vẽ tại điểm đang xét. Ngoài ra ta quy ước lấy chiều từ cực Nam sang cực Bắc của nam châm thử là chiều của đường đó. Đường vừa vẽ sau khi đã xác định chiều theo quy ước trên gọi là *đường sức từ*.

Vậy :

Đường sức từ là đường được vẽ sao cho hướng của tiếp tuyến tại bất kì điểm nào trên đường cũng trùng với hướng của vectơ cảm ứng từ tại điểm đó.

Hình 26.5a, b, c vẽ các đường sức từ của một nam châm và đường sức từ của từ trường giữa hai cực của hai thanh nam châm đặt gần nhau.

b) Các tính chất của đường sức từ

Các đường sức từ có những tính chất sau :

• *Tại mỗi điểm trong từ trường, có thể vẽ được một đường sức từ đi qua và chỉ một mà thôi.*

• *Các đường sức từ là những đường cong kín. Trong trường hợp nam châm, ở ngoài nam châm các đường sức từ đi ra từ cực Bắc, đi vào ở cực Nam của nam châm.*

• *Các đường sức từ không cắt nhau.*

• *Nơi nào cảm ứng từ lớn hơn thì các đường sức từ ở đó vẽ mau hơn (dày hơn), nơi nào cảm ứng từ nhỏ hơn thì các đường sức từ ở đó vẽ thưa hơn.*

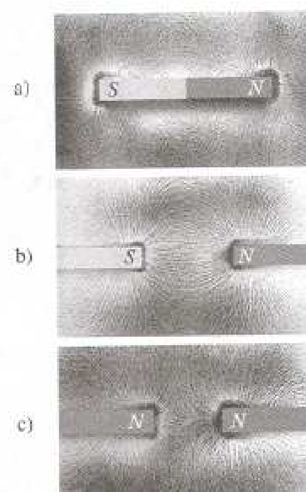
c) Từ phổ

Dùng mạt sắt rắc đều lên một tấm kính đặt trên nam châm, gõ nhẹ tấm kính ta nhận được từ phổ của nam châm. Hình 26.6 là từ phổ của một số nam châm.

Bài 26 (tiếp)

Các hình 26.6a, b, c là từ phổ của một thanh nam châm và từ phổ của từ trường giữa hai cực của hai thanh nam châm đặt gần nhau.

Đường sức từ vẽ trong các hình 26.5a, b, c tương ứng với các từ phổ đó.



Hình 26.6 Từ phổ của một số nam châm.

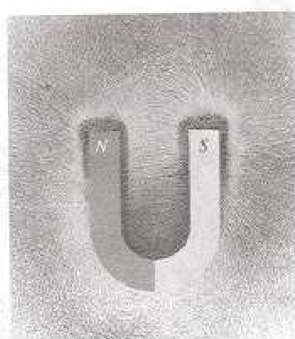
C3 Có thể coi các "đường mạt sắt" trong từ phổ ở Hình 26.6 là các đường sức từ được không ?

4. Từ trường đều

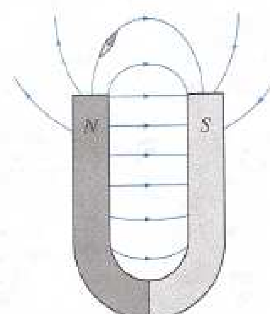
Một từ trường mà cảm ứng từ tại mọi điểm đều bằng nhau gọi là từ trường đều.

Theo tính chất của đường sức từ, ta suy ra các đường sức của từ trường đều là các đường thẳng song song và cách đều nhau.

Hình 26.7 cho biết từ phổ của một nam châm hình chữ *U*. Các "đường mạt sắt" ở giữa hai cực của nam châm hình chữ *U* là các đường gần như song song với nhau và cách nhau khá đều. Từ đó, ta có thể coi từ trường trong khoảng giữa hai cực của nam châm hình chữ *U* là từ trường đều. Đường sức của từ trường này được vẽ trên Hình 26.8.



Hình 26.7 Từ phổ của nam châm hình chữ U.



Hình 26.8 Đường sức từ của nam châm hình chữ U. Trong khoảng giữa hai cực, các đường sức từ song song với nhau và cách đều nhau.

Bài 26 (tiếp)

CÂU HỎI

1. Hãy nêu một thí nghiệm chứng tỏ rằng xung quanh dòng điện có từ trường.
2. Hãy nêu đặc tính cơ bản của từ trường.
3. Hãy trình bày cách tạo ra từ phổ.
4. Đường sức từ là gì ? Độ mau hay thưa của các đường sức từ tại một nơi có liên hệ như thế nào với cảm ứng từ tại nơi đó ?
5. Hãy nêu tính chất của các đường sức từ.
6. Từ trường đều là gì ? Khi vẽ các đường sức của từ trường đều có gì cần chú ý ?

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.
   A. Tương tác giữa dòng điện với dòng điện là tương tác từ.
   B. Cảm ứng từ đặc trưng cho từ trường về mặt gây ra lực từ.
   C. Xung quanh một điện tích đứng yên có điện trường và từ trường.
   D. Ta chỉ có thể vẽ được một đường sức từ đi qua mỗi điểm trong từ trường.
2. Hãy chỉ ra **đúng**, **sai** trong các câu sau.

	Đúng	Sai
A. Các đường mạt sắt của từ phổ cho biết dạng các đường sức từ.	☐	☐
B. Các đường sức của từ trường đều có thể là các đường cong cách đều nhau.	☐	☐
C. Nói chung các đường sức điện thì không kín, còn các đường sức từ là các đường cong kín.	☐	☐
D. Một hạt mang điện chuyển động theo quỹ đạo tròn trong từ trường thì quỹ đạo đó là một đường sức từ của từ trường.	☐	☐

Em có biết ?

Theo truyền thuyết thì do tình cờ người ta phát hiện ra một loại đá có thể hút được sắt. Nơi phát hiện ra loại đá đó là vùng núi Ma-nhê-di-a ở Đông Bắc Hi Lạp. Do đó người ta gọi tên loại đá đó là magnit. Vào thời kì đó "đá" hút được sắt là điều hết sức kì lạ. Vì thế đã có biết bao nhiêu chuyện huyền bí và cả thần bí gắn với magnit. Ngày nay người ta biết loại đá đó là ôxit sắt.

Theo tài liệu cổ chúng ta biết rằng, người châu Âu đã biết dùng la bàn từ rất sớm. Trong một tài liệu xuất bản vào cuối thế kỉ XII có viết rằng, ở thời kì đó những người đi biển đã dùng một chiếc kim luôn luôn chỉ về hướng Bắc để giúp họ xác định phương hướng.

Tuy nhiên, có nhiều người cho rằng người Trung Quốc biết dùng la bàn để tìm phương hướng còn sớm hơn nhiều, có thể là từ thế kỉ V, thậm chí còn có thể là từ trước công nguyên. Tên gọi "nam châm" trong tiếng Việt là một từ Hán – Việt có nghĩa là kim chỉ phương Nam.

Bài 27. Phương và chiều của lực từ tác dụng lên dòng điện

27 PHƯƠNG VÀ CHIỀU CỦA LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN

Lực mà từ trường tác dụng lên nam châm hay lên dòng điện đều gọi là lực từ. Trong bài này ta sẽ khảo sát phương và chiều của lực từ tác dụng lên dòng điện.

Lực từ tác dụng lên dòng điện còn được gọi là lực Am-pe.

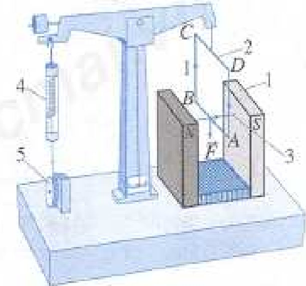


Tàu biển Ya-ma-tô, con tàu thí nghiệm dùng lực từ.

1. Lực từ tác dụng lên dòng điện

Bố trí thí nghiệm như ở Hình 27.1.

Trong thí nghiệm, dùng một nam châm điện hình chữ *U*. Mặt phẳng khung dây được đặt vuông góc với đường sức từ của nam châm. Cạnh *AB* của khung nằm ngang và chỉ vừa chạm vào khoảng không gian giữa hai cực của nam châm hình chữ *U*.



Hình 27.1 Thí nghiệm về lực từ tác dụng lên đoạn dây dẫn AB có dòng điện chạy qua.

1. Nam châm điện ;

2. Khung dây ; 3. Đường sức từ ;

4. Lực kế ; 5. Bộ phận hãm.

Trong hình không vẽ các dây nối để đưa dòng điện vào khung dây *ABCD*.

2. Phương của lực từ tác dụng lên dòng điện

Cho dòng điện chạy qua khung dây có chiều như trên Hình 27.1 thì khung bị kéo xuống.

Vậy thí nghiệm cho biết khi đó có lực từ tác dụng lên đoạn dây dẫn *AB* có dòng điện chạy qua (gọi tắt là đoạn dòng điện *AB*).

Quan sát khung dây ta thấy khung vẫn ở tư thế thẳng đứng.

Điều đó cho thấy phương của lực từ tác dụng lên *AB* là phương thẳng đứng, đó là phương vuông góc với đoạn dòng điện *AB* và cả với đường sức từ.

Nhiều thí nghiệm khác cũng rút ra kết luận như trên.

Vậy, ***lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện có phương vuông góc với mặt phẳng chứa đoạn dòng điện và cảm ứng từ tại điểm khảo sát.***

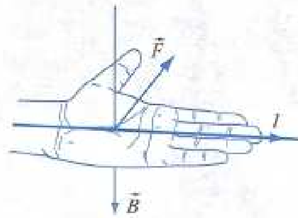
3. Chiều của lực từ tác dụng lên dòng điện

Từ chiều của lực từ, chiều của dòng điện và chiều của đường sức từ như trên Hình 27.1, có thể xác định chiều của lực từ theo *quy tắc bàn tay trái.*

Bài 27 (tiếp)

C1 Hãy nêu một cách phát biểu khác về phương của lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện.

Chú ý rằng, lực mà điện trường $\vec{E}$ tác dụng lên điện tích thì cùng phương với $\vec{E}$, còn lực từ tác dụng lên dòng điện hay lên một điện tích chuyển động (sẽ nói đến ở Bài 32) thì vuông góc với vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$.



Hình 27.2 Quy tắc bàn tay trái.

Đặt bàn tay trái sao cho các đường sức từ đâm xuyên vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến các ngón tay trùng với chiều dòng điện, thì ngón cái choãi ra 90° chỉ chiều của lực từ tác dụng lên dòng điện (Hình 27.2).

CÂU HỎI

1. Dùng quy tắc bàn tay trái xác định chiều lực từ tác dụng lên các cạnh *BC* và *AD* ở thí nghiệm trên Hình 27.1 (chú ý rằng, nếu ta hạ khung dây xuống sâu hơn, mặt phẳng khung vẫn vuông góc với đường sức từ).
2. Trong thí nghiệm như Hình 27.1, chiều của lực từ tác dụng lên *AB* thay đổi thế nào nếu
   a) đổi chiều của dòng điện trong *AB* ?
   b) đổi chiều dòng điện trong cuộn dây của nam châm điện để đổi chiều đường sức từ ?
   c) đồng thời vừa đổi chiều của dòng điện trong *AB* vừa đổi chiều dòng điện trong cuộn dây của nam châm điện ?

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.

   Hình 27.3 mô tả đoạn dây dẫn *AB* và lực từ tác dụng lên đoạn dây đó đều nằm trong mặt phẳng hình vẽ. Chiều của lực từ và chiều của dòng điện đã được chỉ rõ trong hình vẽ, từ đó ta suy ra :



Hình 27.3

Bài 27 (tiếp)

A. Đường sức từ nằm trong mặt phẳng hình vẽ có chiều từ trái sang phải.

B. Đường sức từ nằm trong mặt phẳng hình vẽ có chiều từ phải sang trái.

C. Đường sức từ vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và hướng từ trước ra sau.

D. Đường sức từ vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và hướng từ sau ra trước.

2. Chọn câu đúng.

Đặt bàn tay trái cho các đường sức từ xuyên vào lòng bàn tay, ngón cái choãi ra 90° chỉ chiều dòng điện thì chiều của lực từ tác dụng lên dòng điện

A. theo chiều từ cổ tay đến bốn ngón tay.

B. ngược với chiều từ cổ tay đến bốn ngón tay.

C. cùng chiều với ngón tay cái choãi ra.

D. ngược chiều với ngón tay cái choãi ra.

Em có biết ?

Con tàu biển Ya-ma-tô trên hình ở đầu bài này là con tàu thí nghiệm, hoạt động của nó dựa vào phản lực gây ra bởi lực từ. Nó có hai tấm kim loại đặt dọc theo thân tàu và chìm trong nước biển. Hai tấm kim loại này được nối vào một nguồn điện. Do đó có dòng điện chạy từ tấm này sang tấm kia. Dòng điện này chạy trong từ trường của những nam châm điện rất mạnh đặt bên trong tàu. Từ trường có phương thẳng đứng để cho lực từ tác dụng lên dòng điện, cũng là tác dụng lên nước biển, tạo ra dòng nước biển chạy dọc theo thân tàu ra phía sau. Do đó, phản lực đẩy tàu chuyển động lên phía trước.

Bài 28. Cảm ứng từ. Định luật Am-pe

28 CẢM ỨNG TỪ ĐỊNH LUẬT AM-PE



Thiết bị thí nghiệm xác định lực từ.

Trên đây ta mới nói về phương, chiều của vecto cảm ứng từ và của lực từ. Trong bài này ta sẽ nói về độ lớn của cảm ứng từ và của lực từ tác dụng lên dòng điện.

1. Cảm ứng từ

a) Thí nghiệm

Ta vẫn dùng thiết bị thí nghiệm như đã nêu trên Hình 27.1. Gọi α là góc hợp bởi dòng điện (đoạn dây *AB*) và đường sức từ, l là chiều dài đoạn dòng điện và I là cường độ dòng điện trong đoạn dây *AB*.

Lần lượt thực hiện ba thí nghiệm sau.

• *Thí nghiệm 1*. Giữ nguyên góc $\alpha = 90^o$ và chiều dài l = 4 cm của đoạn dây *AB* ; thay đổi cường độ dòng điện qua đoạn dây đó (cường độ dòng điện qua *AB* bằng cường độ dòng điện qua mỗi vòng dây nhân với số vòng dây của khung). Mỗi lần thay đổi cường độ dòng điện, ta ghi lại độ lớn của lực từ tác dụng lên *AB*.

Kết quả của thí nghiệm được ghi trên Bảng 28.1.

Bảng 28.1

$\alpha = 90^o$; l = 4 cm			
Lần thí nghiệm	I(A)	F(N)	$\frac{F}{I}$
1	60	0,08	0,0013
2	120	0,16	0,0013
3	180	0,24	0,0013
4	240	0,32	0,0013

• *Thí nghiệm 2*. Giữ nguyên góc $\alpha = 90^o$ và cường độ dòng điện I = 120 A ; thay đổi chiều dài của đoạn *AB*. Ta cũng ghi lại độ lớn của lực từ tương ứng.

Kết quả của thí nghiệm được ghi trên Bảng 28.2.

Bảng 28.2

$\alpha = 90^o$; I = 120 A			
Lần thí nghiệm	l (cm)	F(N)	$\frac{F}{l}$
1	2	0,08	0,04
2	4	0,16	0,04
3	8	0,32	0,04

• *Thí nghiệm 3*. Giữ nguyên cường độ dòng điện I = 300 A và chiều dài đoạn dây *AB* l = 2 cm ; thay đổi góc α.

Bài 28 (tiếp)

Mỗi lần thay đổi góc α, ta cũng ghi lại độ lớn của lực từ. Kết quả của thí nghiệm được ghi trên Bảng 28.3.

b) Nhận xét

Từ kết quả của thí nghiệm, ta rút ra nhận xét là trong phạm vi sai số của phép đo, các thương số $\frac{F}{I}$ ở Bảng 28.1, $\frac{F}{l}$ ở Bảng 28.2 và $\frac{F}{\sin\alpha}$ ở Bảng 28.3 là các hằng số. Điều đó có nghĩa là độ lớn của lực từ F tác dụng lên đoạn dòng điện AB vừa tỉ lệ với cường độ dòng điện I qua AB, vừa tỉ lệ với chiều dài l của đoạn dòng điện đó và cũng vừa tỉ lệ với $\sin\alpha$.

Nhận xét vừa nêu cho phép ta viết được hệ thức $F = BIl\sin\alpha$, ở đây B là hệ số tỉ lệ. Nói cách khác, với một nam châm nhất định thì thương số $\frac{F}{Il\sin\alpha} = B$ có giá trị không đổi.

c) Độ lớn của cảm ứng từ

Thay đổi cường độ dòng điện qua nam châm điện thì đại lượng B có những giá trị khác nhau. Vì vậy, người ta lấy đại lượng B làm đại lượng đặc trưng cho từ trường về phương diện tác dụng lực.

Người ta gọi đại lượng B là độ lớn của cảm ứng từ của từ trường tại điểm khảo sát.

$$B = \frac{F}{Il\sin\alpha} \qquad (28.1)$$

Trong hệ SI, đơn vị của cảm ứng từ là tesla, kí hiệu là T.

2. Định luật Am-pe

Trong thực tế ta thường gặp trường hợp cần xác định lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện đặt trong từ

Bảng 28.3

I = 300 A ; l = 2 cm			
Lần thí nghiệm	$\alpha^{(o)}$	F(N)	$\frac{F}{\sin\alpha}$
1	30	0,10	0,20
2	45	0,14	0,20
3	60	0,17	0,20
4	90	0,20	0,20

Một số giá trị cảm ứng từ trong thực tế

- Từ trường của Trái Đất ở gần mặt đất : $\approx 5.10^{-5}$ T
- Bên trong vòng dây Hem-hôn[1], bán kính 10 cm, cường độ dòng điện 1 A, đặt trong không khí : 9.10^{-6} T
- Gần cực một nam châm nhỏ : $\approx 10^{-2}$ T
- Trong máy gia tốc xiclôtrôn : $\approx 1,5$ T
- Trong nam châm siêu dẫn : ≈ 8 T

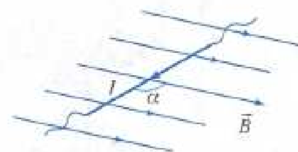
C1 Dựa vào các số liệu trong Bảng 28.1 hay Bảng 28.2, hãy ước lượng xem cảm ứng từ của nam châm điện dùng trong thí nghiệm khoảng bao nhiêu tesla ?

– Cảm ứng từ ($\vec{B}$) là đại lượng vectơ nhưng do thói quen người ta cũng gọi B là cảm ứng từ.

– Cảm ứng từ nhiều khi vẫn được nói vắn tắt là từ trường.

(1) Vòng dây Hem-hôn gồm hai khung dây tròn bằng nhau được đặt đồng trục đối diện nhau, hai mặt phẳng khung song song với nhau. Khoảng cách giữa tâm hai khung bằng bán kính của khung. Hai khung được nối với nhau sao cho dòng điện trong hai khung cùng chiều. Khi đó, từ trường ở khu vực gần trung điểm đường nối hai khung dây được coi là từ trường đều.

Bài 28 (tiếp)



Hình 28.1 Đoạn dòng điện hợp với đường sức từ một góc α.

trường đều hay có thể coi là đều. Khi đó ta coi B là đại lượng đã biết. Từ công thức 28.1 rút ra :

$$F = BIl\sin\alpha \qquad (28.2)$$

Ta nhắc lại một lần nữa rằng α là góc hợp bởi đoạn dòng điện và vectơ $\vec{B}$ (Hình 28.1).

Đó là công thức của *định luật Am-pe*[(1)] về lực từ tác dụng lên một dòng điện.

3. Nguyên lí chồng chất từ trường

Giả sử ta có hệ n nam châm (hay dòng điện). Tại điểm M, từ trường chỉ của nam châm thứ nhất là $\vec{B}_1$, chỉ của nam châm thứ hai là $\vec{B}_2$,..., chỉ của nam châm thứ n là $\vec{B}_n$. Gọi $\vec{B}$ là từ trường của hệ tại M thì :

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + ... + \vec{B}_n \qquad (28.3)$$

Chú ý rằng, vế phải là tổng các vectơ $\vec{B}_1, \vec{B}_2, ...$

CÂU HỎI

1. Hãy phát biểu định nghĩa cảm ứng từ.
2. Hãy phát biểu định luật Am-pe.

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

   Lực từ tác dụng lên một đoạn dây có dòng điện đặt trong từ trường đều tỉ lệ với

   A. cường độ dòng điện trong đoạn dây.

   B. chiều dài của đoạn dây.

(1) Có sách gọi là định luật La-pla-xơ.

Bài 28 (tiếp)

C. góc hợp bởi đoạn dây và đường sức từ.

D. cảm ứng từ tại điểm đặt đoạn dây.

2. Chọn phương án đúng.

Một đoạn dòng điện nằm song song với đường sức từ và có chiều ngược với chiều của đường sức từ. Gọi F là lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện đó thì :

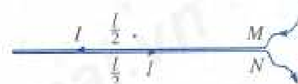
A. $F \neq 0$.

B. $F = 0$.

C. F còn tuỳ thuộc chiều dài của đoạn dòng điện.

D. Cả ba phương án trên đều sai.

3. Gập đôi đoạn dây dẫn MN có chiều dài l mang dòng điện thành đoạn dây kép có chiều dài $\frac{l}{2}$ (Hình 28.2) và đặt trong từ trường đều. Hỏi lực từ tác dụng lên đoạn dây đó có phụ thuộc vào chiều dài của đoạn dây và cường độ dòng điện I trong đoạn dây đó không ? Giải thích.



Hình 28.2

4. Một đoạn dây dẫn dài 5 cm đặt trong từ trường đều và vuông góc với vectơ cảm ứng từ. Dòng điện qua dây có cường độ 0,75 A. Lực từ tác dụng lên đoạn dây đó là 3.10^{-3} N. Xác định cảm ứng từ của từ trường.

5. Đoạn dòng điện MN đặt trong từ trường đều như Hình 28.3. Đoạn dòng điện và các đường sức từ đều nằm trong mặt phẳng hình vẽ. Cho biết cảm ứng từ bằng 0,5 T, MN dài 6 cm và cường độ dòng điện qua MN bằng 5 A.



Hình 28.3

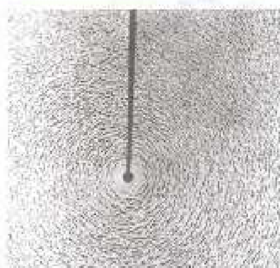
a) Hãy dùng các kí hiệu ⊙ hay ⊗ để chỉ chiều của lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện MN.

b) Tính góc hợp bởi MN và vectơ cảm ứng từ. Cho biết lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện bằng 0,075 N.

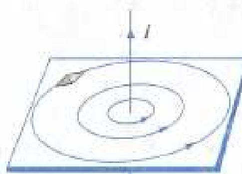
Bài 29. Từ trường của một số dòng điện có dạng đơn giản

29 TỪ TRƯỜNG CỦA MỘT SỐ DÒNG ĐIỆN CÓ DẠNG ĐƠN GIẢN

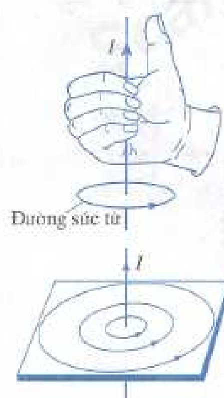
Xung quanh dòng điện có từ trường. Sự phân bố các vecto cảm ứng từ của từ trường phụ thuộc vào dạng các mạch điện. Sau đây ta chỉ xét từ trường của dòng điện trong một số mạch có dạng đơn giản.



Hình 29.1 Từ phổ của dòng điện thẳng.



Hình 29.2 Hình dạng và chiều của đường sức từ của dòng điện thẳng.



Hình 29.3

1. Từ trường của dòng điện thẳng

Ta gọi dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài vô hạn là *dòng điện thẳng*.

a) Thí nghiệm về từ phổ

Xuyên một dây dẫn đặt thẳng đứng qua một tờ bìa đặt nằm ngang. Cho dòng điện qua dây dẫn. Rắc mạt sắt và gõ nhẹ lên tờ bìa, ta thu được từ phổ của dòng điện thẳng trên tờ bìa (Hình 29.1).

b) Các đường sức từ

Dạng của các đường sức từ

Từ Hình 29.1 ta thấy các "đường mạt sắt" trên tờ bìa là các đường tròn đồng tâm. Tâm của các "đường mạt sắt" là giao điểm của tờ bìa và dây dẫn.

Từ nhận xét trên, có thể suy ra rằng các đường sức từ của dòng điện thẳng là các đường tròn đồng tâm nằm trong mặt phẳng vuông góc với dòng điện. Tâm của các đường sức từ là giao điểm của mặt phẳng và dây dẫn.

Chiều của các đường sức từ

Dùng nam châm thử đặt trên đường sức từ, ta biết được chiều của đường sức từ (Hình 29.2).

Để ý đến chiều của đường sức từ và chiều của dòng điện trên Hình 29.2, ta thấy có thể xác định chiều của các đường sức từ theo *quy tắc nắm tay phải* sau đây.

Giơ ngón cái của bàn tay phải hướng theo chiều dòng điện, khum bốn ngón kia xung quanh dây dẫn thì chiều từ cổ tay đến các ngón là chiều của đường sức từ (Hình 29.3).

Bài 29 (tiếp)

c) Công thức tính cảm ứng từ

Người ta chứng minh rằng, cảm ứng từ của dòng điện thẳng đặt trong không khí được tính theo công thức sau :

$$B = 2.10^{-7}\frac{I}{r} \qquad (29.1)$$

r là khoảng cách từ điểm khảo sát đến dòng điện.

2. Từ trường của dòng điện tròn

Ta gọi dòng điện chạy trong dây dẫn uốn thành vòng tròn là *dòng điện tròn*.

a) Thí nghiệm về từ phổ

Cho vòng dây nằm trong mặt phẳng thẳng đứng xuyên qua tờ bìa nằm trong mặt phẳng nằm ngang, và chứa tâm dòng điện. Dùng phương pháp rắc mạt sắt ta thu được từ phổ của dòng điện tròn (Hình 29.5).

b) Các đường sức từ

Dạng của các đường sức từ

Từ từ phổ thu được trên Hình 29.5 ta thấy các đường sức từ có thể vẽ như trên Hình 29.6.

Chiều các đường sức từ

Nam châm thử trên Hình 29.6 cho biết chiều của các đường sức từ.

Để ý đến chiều dòng điện và chiều của các đường sức từ như trên Hình 29.6 ta thấy có thể xác định chiều của các đường sức từ theo quy tắc nắm tay phải như sau :

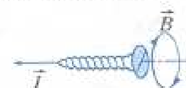
Khum bàn tay phải theo vòng dây của khung sao cho chiều từ cổ tay đến các ngón tay trùng với chiều dòng điện trong khung ; ngón cái choãi ra chỉ chiều các đường sức từ xuyên qua mặt phẳng dòng điện (Hình 29.7). (Ta gọi phần mặt phẳng giới hạn bởi dòng điện trong khung dây là mặt phẳng dòng điện hay mặt phẳng khung dây).

c) Công thức tính cảm ứng từ

Người ta đã chứng minh rằng cảm ứng từ *ở tâm* của dòng điện tròn mà khung dây gồm N vòng, đặt trong không khí, được tính theo công thức sau :

Ta còn có thể xác định chiều của đường sức từ theo *quy tắc cái đinh ốc* như sau :

Đặt cái đinh ốc dọc theo dây dẫn. Quay cái đinh ốc sao cho nó tiến theo chiều dòng điện, thì chiều quay của cái đinh ốc là chiều của các đường sức từ (Hình 29.4).



Hình 29.4 Quy tắc cái đinh ốc (đinh ốc thuận).

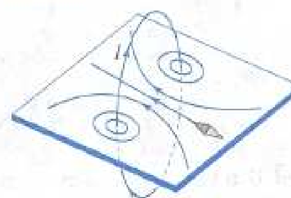
C1 Giả sử đã biết chiều của đường sức từ của dòng điện thẳng. Hãy nêu cách áp dụng quy tắc nắm tay phải để xác định chiều dòng điện.



Hình 29.5 Từ phổ của dòng điện tròn.

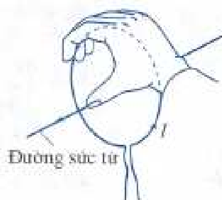
Cũng có thể xác định chiều của đường sức từ theo quy tắc cái đinh ốc :

Đặt cái đinh ốc theo trục của khung dây. Xoay cái đinh ốc theo chiều dòng điện trong khung dây, thì cái đinh ốc tiến theo chiều của đường sức từ xuyên qua mặt phẳng dòng điện.



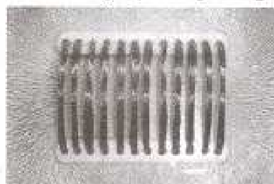
Hình 29.6 Hình dạng và chiều của đường sức từ của dòng điện tròn.

Bài 29 (tiếp)



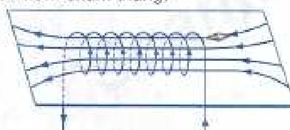
Hình 29.7 Quy tắc nắm tay phải đối với dòng điện tròn.

C2 Giả sử đã biết chiều của đường sức từ của dòng điện tròn. Hãy nêu cách áp dụng quy tắc nắm tay phải (hay quy tắc cái đinh ốc) để xác định chiều của dòng điện trong khung dây.



Hình 29.8 Từ phổ của dòng điện trong ống dây.

Bên trong ống, các "đường mạt sắt" song song và cách nhau khá đều. Từ phổ bên ngoài ống rất giống từ phổ của nam châm thẳng.



Hình 29.9 Hình dạng và chiều các đường sức từ bên trong và bên ngoài ống dây.

Vì các vòng dây trong ống dây được quấn theo cùng một chiều nên dòng điện trong ống dây có thể coi như gồm nhiều dòng điện tròn hợp thành. Vì vậy vẫn có thể dùng quy tắc nắm tay phải để xác định chiều của đường sức đối với dòng điện bên trong ống dây.

C3 Dựa vào quy tắc nắm tay phải (hay quy tắc cái đinh ốc) đối với dòng điện tròn hãy phát biểu quy tắc xác định chiều dòng điện trong ống dây.

$$B = 2\pi 10^{-7}\frac{NI}{R} \qquad (29.2)$$

R là bán kính của dòng điện, I là cường độ dòng điện trong một vòng dây.

3. Từ trường của dòng điện trong ống dây

a) Thí nghiệm về từ phổ

Hình 29.8 cho biết từ phổ của dòng điện trong ống dây.

b) Các đường sức từ

Dạng các đường sức từ

Bên trong ống dây, các đường sức song song với trục ống dây và cách đều nhau. Nếu ống dây là đủ dài ($l \gg d$, l là chiều dài ống dây, d là đường kính ống dây), thì từ trường bên trong ống dây là từ trường đều.

Bên ngoài ống, dạng và sự phân bố các đường sức từ giống như ở một nam châm thẳng (Hình 29.9).

Chiều các đường sức

Nam châm thử trên Hình 29.9 cho biết chiều các đường sức từ. Các đường sức từ đi ra từ một đầu và đi vào ở đầu kia của ống giống như một thanh nam châm thẳng. Do đó ta có thể coi một ống dây mang dòng điện cũng có hai cực, đầu ống mà các đường sức đi ra là cực Bắc, đầu kia là cực Nam.

c) Công thức tính cảm ứng từ

Nếu ống dây dài đặt trong không khí, thì cảm ứng từ bên trong ống dây được tính theo công thức sau :

$$B = 4\pi 10^{-7} nI \qquad (29.3)$$

n là số vòng dây trên 1 mét chiều dài của ống.

CÂU HỎI

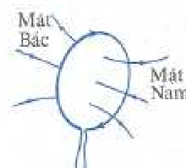
1. Cho một điểm M nằm gần dòng điện thẳng. Hãy vẽ một đường sức từ đi qua M. Có thể vẽ được bao nhiêu đường sức đi qua M ?
2. Hãy vẽ một số đường sức từ trong mặt phẳng vuông góc với dòng điện tròn và đi qua tâm dòng điện đó. Có nhận xét gì về đường sức đi qua tâm dòng điện ?
3. Hãy vẽ một số đường sức từ trong mặt phẳng chứa trục của ống dây mang dòng điện.
4. Hãy vẽ một ống dây có dòng điện chạy qua, cần chỉ rõ chiều của dòng điện trong các vòng dây. Từ đó ghi chú rõ các cực từ của ống dây.

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.
   Đường sức từ của từ trường gây ra bởi
   A. dòng điện thẳng là những đường thẳng song song với dòng điện.
   B. dòng điện tròn là những đường tròn.
   C. dòng điện tròn là những đường thẳng song song và cách đều nhau.
   D. dòng điện trong ống dây đi ra từ cực Bắc, đi vào từ cực Nam của ống dây đó.
2. Chọn phương án đúng.
   Hai điểm M, N gần dòng điện thẳng dài mà khoảng cách từ M đến dòng điện lớn gấp 2 lần khoảng cách từ N đến dòng điện. Nếu gọi cảm ứng từ gây ra bởi dòng điện đó tại M là B_M, tại N là B_N thì :
   A. $B_M = 2B_N$. B. $B_M = \frac{1}{2}B_N$. C. $B_M = 4B_N$. D. $B_M = \frac{1}{4}B_N$.
3. Cho dòng điện cường độ 1 A chạy trong dây dẫn thẳng. Tính cảm ứng từ tại một điểm cách dây dẫn 10 cm.
4. Tại tâm của một dòng điện tròn cường độ I = 5 A người ta đo được cảm ứng từ $B = 31{,}4.10^{-6}$ T. Hỏi đường kính của dòng điện đó ?
5. Người ta muốn tạo ra từ trường có cảm ứng từ $B = 250.10^{-5}$ T bên trong một ống dây. Cường độ dòng điện trong mỗi vòng dây là I = 2 A. Ống dây dài 50 cm. Hỏi phải quấn bao nhiêu vòng dây ?

Em có biết ?

Nhìn Hình 29.10 ta thấy có thể phân biệt hai phía của mặt phẳng dòng điện tròn : một phía các đường sức từ đi vào mặt phẳng dòng điện và phía kia các đường sức từ đi ra. Người ta gọi phía các đường sức từ đi vào là mặt Nam của dòng điện tròn, phía kia là mặt Bắc (Hình 29.10).



Hình 29.10

Đứng ở một phía nhìn vào dòng điện nếu thấy chiều dòng điện cùng chiều quay của kim đồng hồ thì phía đó là mặt Nam ; ngược lại thấy chiều dòng điện ngược chiều quay của kim đồng hồ thì phía đó là mặt Bắc của dòng điện tròn.

Dựa vào những điều vừa nói, hãy nêu cách xác định tên cực của ống dây mang dòng điện.

Bài 30. Bài tập về từ trường

30 BÀI TẬP VỀ TỪ TRƯỜNG

1. Đặt một ống dây dài sao cho trục của nó nằm ngang và vuông góc với thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất ($B_đ$).

a) Cho dòng điện cường độ I_1 qua ống dây thì cảm ứng từ B_1 trong ống dây lớn gấp $\sqrt{3}$ lần $B_đ$.

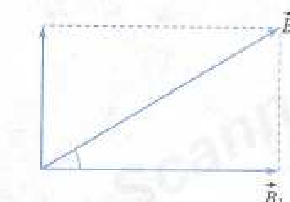
Hỏi khi đó một kim nam châm thử trong ống dây nằm cân bằng theo phương hợp với trục ống dây một góc bằng bao nhiêu ? Coi rằng nam châm thử nằm cân bằng trên mặt phẳng song song với mặt đất.

b) Điều chỉnh để dòng điện qua ống dây thay đổi từ I_1 đến $I_2 = kI_1$, sao cho kim nam châm thử nằm cân bằng theo hướng Đông Bắc. Hỏi k bằng bao nhiêu ?

Bài giải

a) Theo nguyên lí chồng chất từ trường ta viết :

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_đ$$



Hình 30.1

Dưới tác dụng của từ trường tổng hợp, nam châm thử nằm cân bằng theo phương của vectơ cảm ứng từ tổng hợp $\vec{B}$.

Gọi góc hợp bởi phương của $\vec{B}$ và trục ống dây là α (Hình 30.1) thì :

$$\tan\alpha = \frac{B_đ}{B_1} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

Suy ra $\alpha = 30^o$.

b) Khi kim nam châm thử chỉ hướng Đông Bắc, thì góc hợp bởi phương của nam châm thử nằm cân bằng và trục ống dây bằng 45^o. Do đó cảm ứng từ B_2 trong ống dây bằng $B_đ$. Vậy :

$$\frac{B_1}{B_2} = \sqrt{3}$$

Theo công thức (29.3) thì :

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

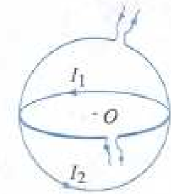
Bài 30 (tiếp)

Từ đó ta rút ra :

$$I_2 = \frac{\sqrt{3}}{3} I_1$$

$$k = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

2. Cho hai vòng tròn dây dẫn bán kính bằng nhau và bằng R = 10 cm. Vòng dây thứ nhất có dòng điện cường độ I_1 = 3 A, vòng dây thứ hai có dòng điện I_2 = 4 A. Vòng dây thứ nhất đặt trong mặt phẳng nằm ngang, vòng thứ hai đặt trong mặt phẳng thẳng đứng, sao cho tâm của hai vòng trùng nhau như Hình 30.2. Hãy tìm phương, chiều và độ lớn của vectơ cảm ứng từ tại tâm O của hai vòng tròn.



Hình 30.2

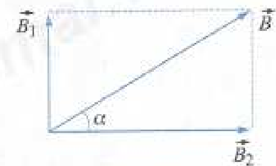
Bài giải

Cảm ứng từ tại tâm O do dòng điện I_1 sinh ra là :

$$B_1 = 2\pi.10^{-7}\frac{I_1}{R}$$

Cảm ứng từ tại tâm O do dòng điện I_2 sinh ra :

$$B_2 = 2\pi.10^{-7}\frac{I_2}{R}$$



Hình 30.3

Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}_1$ có phương thẳng đứng, có chiều hướng từ dưới lên trên, còn $\vec{B}_2$ có phương nằm ngang và có chiều hướng ra phía trước mặt phẳng dòng điện I_2 (tức phía trước mặt phẳng Hình 30.3).

Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ tại O là tổng của $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$.

Vậy :

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \frac{2\pi.10^{-7}}{R}\sqrt{I_1^2 + I_2^2} = 3{,}14.10^{-5}\ \text{T}$$

Vectơ $\vec{B}$ hướng ra phía trước mặt phẳng hình vẽ và hợp với mặt phẳng nằm ngang góc α. Từ Hình 30.3 ta suy ra $\tan\alpha = \frac{B_1}{B_2} = \frac{3}{4}$. Do đó $\alpha \approx 37^o$.

Bài 30 (tiếp)

3. Dùng một dây đồng có đường kính d = 1,2 mm để quấn thành một ống dây dài. Dây có phủ một lớp sơn cách điện mỏng. Các vòng dây được quấn sát nhau. Khi cho dòng điện qua ống dây người ta đo được cảm ứng từ trong ống dây là B = 0,004 T. Tính hiệu điện thế U đặt vào hai đầu ống dây. Cho biết dây dài l = 60 m, điện trở suất của đồng bằng $1,76.10^{-8}$ Ω.m.

Bài giải

Cảm ứng từ trong ống dây dài được tính theo công thức $B = 4\pi.10^{-7}nI$.

Vì có thể bỏ qua chiều dày của lớp sơn cách điện nên $n = \frac{1}{d}$.

Gọi R là điện trở của dây đồng thì $I = \frac{U}{R}$. Do đó ta có :

$$B = 4\pi.10^{-7}\frac{1}{d}\frac{U}{R}$$

Đồng thời ta có : $R = \rho\frac{l}{S} = \rho\frac{4l}{\pi d^2}$. Thay biểu thức của R vào công thức vừa viết ta được $B = \pi^2.10^{-7}\frac{Ud}{\rho l}$. Từ đó suy ra :

$$U = \frac{\rho l B}{10^{-7}\pi^2 d} = \frac{1,76.10^{-8}.60.0,004}{10^{-7}.(3,14)^2.0,0012} = 3,5 \text{ V}$$

Bài 31. Tương tác giữa hai dòng điện thẳng song song. Định nghĩa đơn vị ampe

31 TƯƠNG TÁC GIỮA HAI DÒNG ĐIỆN THẲNG SONG SONG. ĐỊNH NGHĨA ĐƠN VỊ AMPE

1. Tương tác giữa hai dòng điện thẳng song song

a) Giải thích thí nghiệm

Thí nghiệm trong Bài 26 cho biết hai dòng điện song song, cùng chiều thì hút nhau, ngược chiều thì đẩy nhau.

Ta sẽ giải thích trường hợp hai dòng điện hút nhau. Ở đây ta coi hai dây dẫn đều được căng thẳng và giữ chặt ở hai đầu dây như Hình 31.1.

Theo quy tắc nắm tay phải thì cảm ứng từ do dòng điện MN gây ra tại điểm A có chiều hướng ra phía trước mặt phẳng hình vẽ. Áp dụng quy tắc bàn tay trái, ta thấy lực từ tác dụng lên CD có chiều hướng sang phía trái, nghĩa là nó bị hút về phía dòng điện MN.



Hình 31.1 Giải thích lực hút giữa hai dòng điện song song, cùng chiều.

$\vec{B}$ là cảm ứng từ của từ trường do dòng điện MN sinh ra. $\vec{F}$ là lực từ do từ trường $\vec{B}$ tác dụng lên đoạn dòng điện CD.

C1 Áp dụng quy tắc nắm tay phải và quy tắc bàn tay trái, hãy chỉ ra rằng hai dòng điện song song, ngược chiều thì đẩy nhau.

b) Công thức tính lực tương tác giữa hai dòng điện thẳng song song

Gọi cường độ dòng điện trong dây MN là I_1, trong dây PQ là I_2 như Hình 31.1. Theo công thức (29.1) thì cảm ứng từ của dòng I_1 tại điểm A là :

$$B = 2.10^{-7}\frac{I_1}{r}$$

Gọi l là chiều dài đoạn CD của dòng điện I_2. Áp dụng công thức (28.2) ta viết được công thức độ lớn của lực từ tác dụng lên đoạn CD :

$$F = BI_2 l \sin\alpha = 2.10^{-7}\frac{I_1}{r}I_2 l$$

Bài 31 (tiếp)

(Chú ý rằng trong trường hợp đang xét, ta có $\alpha = \frac{\pi}{2}$).

Chia cả hai vế cho I ta được công thức xác định độ lớn của lực từ tác dụng lên một đơn vị chiều dài của dây dẫn mang dòng điện I_2 :

$$F = 2.10^{-7}\frac{I_1 I_2}{r} \quad (31.1)$$

Công thức trên cũng áp dụng cả cho trường hợp lực từ tác dụng lên dòng điện I_1.

2. Định nghĩa đơn vị ampe

Trong hệ SI, ampe là một trong những đơn vị cơ bản. Đơn vị này được định nghĩa bằng cách dựa vào công thức (31.1).

Trong công thức (31.1) lấy $I_1 = I_2 = I$. Nếu $r = 1$ m và $F = 2.10^{-7}$ N thì $I^2 = 1$. Từ đó suy ra $I = 1$ A.

Vậy, ampe là cường độ của dòng điện không đổi khi chạy trong hai dây dẫn thẳng, tiết diện nhỏ, rất dài, song song với nhau và cách nhau 1 m trong chân không thì trên mỗi mét dài của mỗi dây có một lực từ bằng 2.10^{-7} N tác dụng.

CÂU HỎI

1. Hãy nêu những điều mà em biết về lực tương tác từ giữa hai dòng điện thẳng song song cùng chiều, ngược chiều (phương, chiều, độ lớn của lực).
2. Hãy giải thích về lực hút giữa hai dòng điện song song, cùng chiều, hay lực đẩy giữa hai dòng điện song song, ngược chiều.
3. Cho hai dòng điện thẳng song song, viết công thức lực từ tác dụng trên mỗi đơn vị dài của mỗi dòng điện.
4. Phát biểu định nghĩa đơn vị ampe.

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

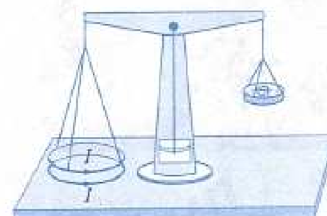
Khi tăng đồng thời cường độ dòng điện trong cả hai dây dẫn song song lên 3 lần thì lực từ tác dụng lên một đơn vị chiều dài của mỗi dây tăng lên :

A. 3 lần. B. 6 lần. C. 9 lần. D. 12 lần.

2. Hai dây dẫn thẳng, dài, song song với nhau và cách nhau d = 10 cm đặt trong không khí. Dòng điện trong hai dây đó có cường độ là I_1 = 2 A, I_2 = 5 A. Tính lực từ tác dụng lên một đoạn có chiều dài 0,20 m của mỗi dây dẫn.

3. Hai dây dẫn thẳng, dài, song song được đặt trong không khí. Cường độ dòng điện trong hai dây dẫn đó bằng nhau và bằng I = 1 A. Lực từ tác dụng trên mỗi đơn vị dài của mỗi dây bằng 2.10^{-5} N. Hỏi hai dây đó cách nhau bao nhiêu ?

4. Hai vòng tròn dây dẫn đặt cách nhau một khoảng rất nhỏ. Vòng dây dẫn dưới giữ cố định, vòng trên nối với một đầu đòn cân (Hình 31.2). Khi cho hai dòng điện cường độ bằng nhau vào hai vòng dây thì chúng hút nhau. Đặt thêm một quả cân khối lượng 0,1 g vào đĩa cân bên kia thì cân trở lại thăng bằng và lúc đó hai vòng cách nhau 2 mm. Xác định cường độ dòng điện trong mỗi vòng dây. Cho biết bán kính mỗi vòng dây bằng 5 cm. Lấy g = 10 m/s^2.



Hình 31.2

Hướng dẫn : Có thể áp dụng công thức 31.1 để tính lực từ tác dụng lên mỗi vòng dây, vì hai vòng dây ở đây cách nhau một khoảng rất nhỏ.

Em có biết ?

Định nghĩa đơn vị ampe đã thay đổi nhiều lần.

Đầu tiên, định nghĩa ampe được dựa một cách tự nhiên vào công thức $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$. Khi Δq = 1 C, Δt = 1 s, I = 1 A. Theo định nghĩa này thì ampe là cường độ của dòng điện không đổi mà cứ mỗi giây có một điện lượng 1 C chuyển qua tiết diện dây dẫn.

Rất khó chế tạo được mẫu ampe theo định nghĩa này. Vì vậy năm 1893, một hội nghị quốc tế về đo lường tại Chi-ca-gô và sau đó là năm 1908, một hội nghị tại Luân Đôn đã đưa ra định nghĩa ampe như sau : ampe là cường độ của dòng điện không đổi khi đi qua dung dịch bạc nitrat, thì cứ mỗi giây có 0,0011800 g bạc được giải phóng ở điện cực.

Tuy nhiên, với định nghĩa này người ta thấy cũng khó chế tạo được ampe mẫu với độ chính xác mong muốn. Năm 1935, tổ chức quốc tế về đo lường đưa ra một khuyến nghị trong đó có hai ý liên quan đến ampe. Ý thứ nhất coi hoặc ôm hoặc ampe là đơn vị cơ bản của hệ đơn vị. Ý thứ hai coi định nghĩa ampe như là định nghĩa được nêu trong bài học. Mãi đến năm 1948, người ta thống nhất coi ampe là đơn vị cơ bản và khuyến nghị nói trên mới được áp dụng.

Bài 32. Lực Lo-ren-xơ

32 LỰC LO-REN-XƠ



Cực quang giống như một "màn sáng" huyền ảo ở trên cao tới vài trăm kilômét. Cực quang chỉ xảy ra tại những miền có vĩ độ lớn. Nguyên nhân của hiện tượng cực quang là lực Lo-ren-xơ tác dụng lên các hạt mang điện.

1. Thí nghiệm

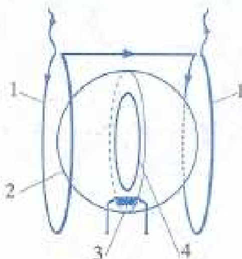
Thiết bị thí nghiệm có sơ đồ như trên Hình 32.1a.

Khi cho dòng điện qua vòng dây Hem-hôn và qua sợi dây đốt ở bên trong bình thuỷ tinh (Hình 32.1b), ta nhận thấy trong bình xuất hiện một vòng tròn sáng màu xanh nằm trong mặt phẳng vuông góc với đường sức từ của vòng dây Hem-hôn.

Do bị đốt nóng, sợi dây đốt phóng ra các êlectron. Các êlectron này chuyển động và va chạm với các phân tử khí trong bình. Khi va chạm, các êlectron ion hoá các phân tử khí và làm phát quang.

Vậy vòng tròn sáng trong bình cho biết quỹ đạo của êlectron trong từ trường. Êlectron không chuyển động thẳng mà chuyển động tròn chứng tỏ từ trường tác dụng lực lên êlectron.

Nhiều thí nghiệm khác chứng tỏ rằng, chẳng những từ trường tác dụng lực lên êlectron mà nó cũng tác dụng lên bất kì hạt mang điện nào chuyển động trong nó.



a)



b)

Hình 32.1 Thí nghiệm về chuyển động của êlectron trong từ trường.

a) Sơ đồ thiết bị thí nghiệm. 1. Vòng dây Hem-hôn ; 2. Bình thuỷ tinh trong có chứa khí trơ ; 3. Sợi dây đốt ; 4. Vòng tròn sáng (xuất hiện khi cho dòng điện chạy qua vòng dây Hem-hôn và sợi dây.

b) Ảnh chụp thiết bị thí nghiệm.

2. Lực Lo-ren-xơ

Lực mà từ trường tác dụng lên một hạt mang điện chuyển động trong nó gọi là lực Lo-ren-xơ (Hendrick Antoon Lorentz, 1853 – 1928, nhà vật lí người Hà Lan, giải Nô-ben năm 1902).

Bài 32 (tiếp)

a) Phương của lực Lo-ren-xơ

Êlectron chuyển động trên quỹ đạo tròn nằm trong mặt phẳng vuông góc với đường sức từ trong thí nghiệm trên, chứng tỏ lực Lo-ren-xơ vuông góc với vectơ cảm ứng từ và với vectơ vận tốc của êlectron. Làm thí nghiệm với những hạt mang điện khác, người ta cũng rút ra được kết luận tương tự.

Vậy, lực Lo-ren-xơ có phương vuông góc với mặt phẳng chứa vectơ vận tốc của hạt mang điện và vectơ cảm ứng từ tại điểm khảo sát.

b) Chiều của lực Lo-ren-xơ

Quy tắc xác định chiều của lực Lo-ren-xơ có thể suy ra từ quy tắc bàn tay trái xác định chiều của lực từ tác dụng lên dòng điện.

Tuy nhiên, chiều dòng điện được quy ước là chiều chuyển động của các điện tích dương. Còn ở đây các hạt mang điện chuyển động có thể là điện tích dương cũng có thể là điện tích âm. Vì vậy, có thể nói lực Lo-ren-xơ tác dụng lên điện tích dương thì cùng chiều với lực từ tác dụng lên dòng điện (Hình 32.2a) ; còn lực Lo-ren-xơ tác dụng lên điện tích âm thì có chiều ngược lại (Hình 32.2b).

c) Độ lớn của lực Lo-ren-xơ

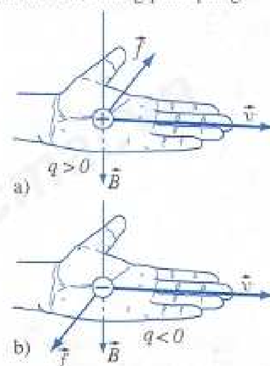
Độ lớn của lực Lo-ren-xơ tác dụng lên hạt chuyển động trong từ trường theo phương vuông góc với đường sức từ là :

$$f = |q|vB \qquad (32.1)$$

Nếu vectơ vận tốc của hạt không vuông góc mà hợp thành với vectơ cảm ứng từ một góc α thì người ta chứng minh rằng, độ lớn của lực Lo-ren-xơ được xác định theo công thức sau :

$$f = |q|vB\sin\alpha \qquad (32.2)$$

Giải thích hiện tượng cực quang : Từ Mặt Trời, luôn luôn có dòng hạt mang điện, chủ yếu là êlectron và prôtôn, bay đến Trái Đất. Dưới tác dụng của lực Lo-ren-xơ, các hạt mang điện này chuyển động theo quỹ đạo xoáy ốc quanh các đường sức từ của Trái Đất tạo thành vành đai Van A-len (Van Allen). Khi có sự hoạt động mạnh ở Mặt Trời, thì mật độ hạt mang điện ở gần từ cực của Trái Đất tăng lên rất lớn. Vì vậy, ở đó các êlectron bị đẩy ra xa từ cực. Các hạt này va chạm với các phân tử khí làm cho chúng phát quang.



Hình 32.2 Quy tắc bàn tay trái xác định chiều của lực Lo-ren-xơ.

a) Chiều của lực Lo-ren-xơ tác dụng lên hạt mang điện dương ; b) Chiều của lực Lo-ren-xơ tác dụng lên hạt mang điện âm.

Lực Lo-ren-xơ là nguyên nhân gây ra lực từ tác dụng lên dòng điện. Vì vậy ta có thể tìm biểu thức độ lớn của lực Lo-ren-xơ bằng cách xuất phát từ biểu thức độ lớn của lực từ tác dụng lên một đoạn dòng điện.

Ta hãy xét đoạn dòng điện MM' có dạng hình trụ, đặt vuông góc với đường sức từ. Độ lớn của lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện đó là :

$$F_1 = IBl$$

l là chiều dài của đoạn dòng điện.

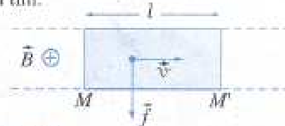
Các hạt mang điện đi qua tiết diện M trong thời gian Δt đều được chứa trong hình trụ MM' như trên

Bài 32 (tiếp)

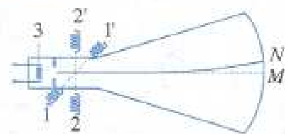
Hình 32.3. Nếu mật độ hạt mang điện tự do (tạo thành dòng điện) trong dây dẫn là N và tiết diện của dây là S thì số hạt trong hình trụ đó là NSl. Coi rằng vận tốc định hướng của các hạt tạo thành dòng điện là v thì $l = v\Delta t$. Vì vậy có thể nói cứ mỗi giây số hạt đi qua tiết diện M là NSv.

Coi điện tích mỗi hạt tạo thành dòng điện có độ lớn là $|q|$ thì $I = jS = NSv|q|$.

Vậy $F = (N\,S\,v\,|q|)\,B\,l = |q|\,v\,B\,(N\,S\,l)$. Trong đó $(N\,S\,l)$ là tổng số các hạt tạo thành dòng điện chứa trong hình trụ MM'. Độ lớn của lực từ tác dụng lên mỗi hạt mang điện là $f = \frac{F}{NSl} = |q|vB$. Đó chính là biểu thức cần tìm.



Hình 32.3



Hình 32.4 Sự lái chùm tia điện tử trong ống phóng điện tử bằng từ trường.

1, 1'. Hai cuộn dây tạo ra từ trường nằm ngang ; 2, 2'. Hai cuộn dây tạo ra từ trường thẳng đứng ; 3. Sợi đốt.

3. Ứng dụng của lực Lo-ren-xơ

Những ứng dụng của lực Lo-ren-xơ hết sức phong phú. Ở đây ta chỉ nói đến một ứng dụng trong vô tuyến truyền hình.

Giả sử một êlectron được phóng ra từ sợi đốt (súng điện tử) trong ống phóng điện tử. Bình thường nó bay theo đường nằm ngang và đến đập vào màn hình tại điểm M như trên Hình 32.4.

Nhưng nếu có tác dụng của từ trường thì lực Lo-ren-xơ sẽ làm cho quỹ đạo êlectron bị uốn cong, không đến điểm M mà đi lệch đến một điểm khác, chẳng hạn điểm N. Hiện tượng đó gọi là sự lái chùm tia êlectron (tia catôt) và được ứng dụng trong máy thu hình. Từ trường nằm ngang lái chùm tia catôt theo phương thẳng đứng. Từ trường thẳng đứng lái chùm tia theo phương nằm ngang. Dưới tác dụng của cả hai từ trường, chùm tia điện tử sẽ quét toàn bộ màn hình.

CÂU HỎI

1. Lực Lo-ren-xơ là gì ?
2. Hãy nêu quy tắc xác định chiều của lực Lo-ren-xơ.
3. Hãy viết biểu thức tính độ lớn của lực Lo-ren-xơ.
4. Hãy kể vài ứng dụng của lực Lo-ren-xơ.

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.

   Phương của lực Lo-ren-xơ

   A. trùng với phương của vectơ cảm ứng từ.

   B. trùng với phương của vectơ vận tốc của hạt.

   C. vuông góc với đường sức từ nhưng trùng với phương của vận tốc của hạt.

   D. vuông góc với cả đường sức từ và vectơ vận tốc của hạt.

Bài 32 (tiếp)

2. Chọn câu đúng.

Chiều của lực Lo-ren-xơ tác dụng lên một điện tích q chuyển động tròn trong từ trường

A. hướng về tâm của đường tròn quỹ đạo *chỉ* khi $q > 0$.

B. hướng về tâm của đường tròn quỹ đạo *chỉ* khi $q < 0$.

C. luôn luôn hướng về tâm của đường tròn quỹ đạo.

D. chưa kết luận được vì chưa biết dấu của điện tích và chiều của vectơ $\vec{B}$.

3. Một êlectron bay vào trong từ trường đều $\vec{B}$ với vận tốc ban đầu $\vec{v}_0$ vuông góc với $\vec{B}$.

a) Coi $\vec{v}_0$ nằm trong mặt phẳng hình vẽ, $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Hãy vẽ chiều của vectơ lực Lo-ren-xơ $\vec{f}$ tác dụng lên êlectron.

b) Tính độ lớn của $\vec{f}$ nếu $v = 2.10^5$ m/s và $B = 0,2$ T.

c) So sánh giá trị tính được với trọng lượng của êlectron. Nêu nhận xét.

Cho biết : khối lượng của êlectron bằng $9,1.10^{-31}$ kg.

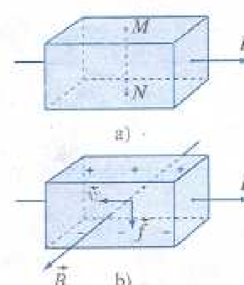
4. Một prôtôn bay vào trong từ trường đều theo phương hợp với đường sức từ một góc 30°. Vận tốc ban đầu của prôtôn bằng $v = 3.10^7$ m/s và từ trường có cảm ứng từ $B = 1,5$ T. Tính độ lớn của lực Lo-ren-xơ.

Em có biết ?

HIỆU ỨNG HÔN (HALL)

Có thể nói hiệu ứng Hôn là một ví dụ rất hay về sự hiện hữu của lực Lo-ren-xơ tác dụng lên các hạt tải điện trong vật dẫn.

Cho dòng điện chạy dọc theo khối kim loại hình hộp chữ nhật như trên Hình 32.5a. Phép đo cho biết hiệu điện thế giữa hai điểm M, N bằng không. Đặt khối kim loại có dòng điện nói trên trong từ trường. Đường sức từ vuông góc với hai mặt trước - sau và hướng từ mặt sau ra mặt trước của khối kim loại như trên Hình 32.5b. Phép đo chứng tỏ khi đó hiệu điện thế giữa hai điểm M, N khác không. Hiện tượng này được gọi là *hiệu ứng Hôn*.



Hình 32.5 Hiệu ứng Hôn.

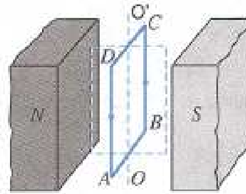
Hiệu ứng Hôn có thể giải thích như sau : Dòng điện chạy trong tấm kim loại có chiều từ trái sang phải, thì êlectron dẫn di chuyển theo chiều từ phải sang trái. Vì vậy lực Lo-ren-xơ $\vec{f}$ tác dụng lên êlectron dẫn hướng xuống dưới. Kết quả là mặt dưới của tấm kim loại tích điện âm, mặt trên tích điện dương. Vì hai mặt này tích điện trái dấu nhau nên hiệu điện thế giữa hai điểm M, N khác không.

Hiệu ứng Hôn trong bán dẫn mạnh hơn trong kim loại.

Nhờ hiệu ứng Hôn, người ta xác định được dấu, mật độ và tốc độ của các hạt tải điện tạo thành dòng điện trong một vật liệu. Hiệu ứng Hôn cũng được áp dụng trong việc chế tạo các cảm biến đo cảm ứng từ của từ trường.

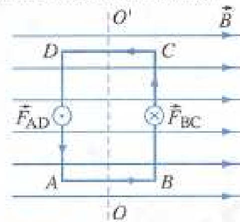
Bài 33. Khung dây có dòng điện đặt trong từ trường

33 KHUNG DÂY CÓ DÒNG ĐIỆN ĐẶT TRONG TỪ TRƯỜNG



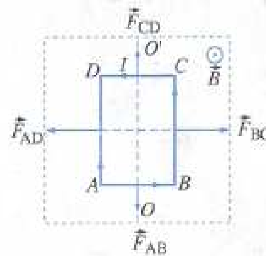
Hình 33.1 Khung dây đặt trong từ trường.

Đường chấm chấm là vị trí của khung khi chưa cho dòng điện vào khung. Đường liền nét là vị trí của khung sau khi cho dòng điện vào khung.



Hình 33.2 Lực từ tác dụng lên khung dây có dòng điện chạy qua.

Khung và các đường sức từ đều nằm trong mặt phẳng hình vẽ.



Hình 33.3 Lực từ tác dụng lên khung dây đặt vuông góc với $\vec{B}$.

Khung nằm trong mặt phẳng hình vẽ, các đường sức từ vuông góc với mặt phẳng hình vẽ.

1. Khung dây đặt trong từ trường

a) Thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí như Hình 33.1. *ABCD* là khung dây cứng có thể quay xung quanh trục *OO'*.

Cho dòng điện chạy qua khung, ta thấy khung bị quay đi.

b) Lực từ tác dụng lên khung dây có dòng điện

Ta khảo sát lực từ tác dụng lên khung trong hai trường hợp đơn giản :

- Đường sức từ nằm trong mặt phẳng khung.

Giả sử dòng điện trong khung có chiều *ABCDA* (Hình 33.2). Lực từ tác dụng lên các cạnh *AB* và *CD* của khung bằng không vì các cạnh đó song song với đường sức từ.

Vì từ trường đều, nên các lực từ $\vec{F}_{AD}$ và $\vec{F}_{BC}$ tác dụng lên các cạnh *AD*, *BC* có độ lớn bằng nhau. Dùng quy tắc bàn tay trái, ta thấy $\vec{F}_{BC}$ hướng ra phía sau còn $\vec{F}_{AD}$ hướng ra phía trước mặt phẳng hình vẽ. Như vậy, khung chịu tác dụng một ngẫu lực. Ngẫu lực này có tác dụng làm quay khung.

Trong trường hợp đường sức không nằm trong mặt phẳng khung, nói chung ngẫu lực từ cũng làm quay khung.

- Đường sức từ vuông góc với mặt phẳng khung.

Giả sử chiều dòng điện và chiều các đường sức từ như trên Hình 33.3. Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta thấy các lực từ tác dụng lên các cạnh của khung có chiều như vẽ trên hình đó. Các lực này không làm quay khung. Đó là vị trí duy nhất của khung mà lực từ không làm quay khung.

Bài 33 (tiếp)

c) **Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây có dòng điện**

Ta khảo sát momen ngẫu lực từ trong trường hợp đơn giản trên Hình 33.2.

Gọi d là khoảng cách giữa hai đường tác dụng của hai lực $\vec{F}_{AD}$, $\vec{F}_{BC}$ (cũng là chiều dài các cạnh AB, DC) thì đại lượng

$$M = F_{BC}.d$$

là momen ngẫu lực từ ứng với trường hợp Hình 33.2.

Gọi cảm ứng từ của từ trường là B, cường độ dòng điện chạy trong khung là I, chiều dài các cạnh BC và AD là l, thì theo định luật Am–pe ta có thể viết các biểu thức sau :

$$F_{BC} = F_{AD} = IBl$$

Do đó :

$$M = F_{BC}d = IBld$$

Gọi S là diện tích của mặt phẳng khung dây thì $ld = S$. Do đó ta có :

$$M = IBS \quad (33.1)$$

Công thức (33.1) áp dụng cho trường hợp các đường sức từ nằm trong mặt phẳng khung dây. Trong trường hợp các đường sức từ không nằm trong mặt phẳng khung dây thì người ta chứng minh rằng, momen ngẫu lực từ được tính theo công thức :

$$M = IBS\sin\theta \quad (33.2)$$

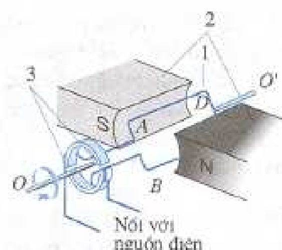
Ở đây θ là góc hợp bởi vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ và vectơ pháp tuyến $\vec{n}$ với mặt phẳng khung dây. Chú ý là chiều của vectơ $\vec{n}$ phải tuân theo quy ước sau : quay cái đinh ốc theo chiều dòng điện trong khung, thì chiều tiến của cái đinh ốc là chiều của vectơ $\vec{n}$.

2. Động cơ điện một chiều

Một trong những ứng dụng quan trọng của lực từ tác dụng lên khung dây có dòng điện là động cơ điện.

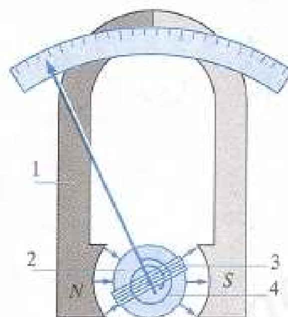
C1 Giả sử dòng điện trong khung dây ở Hình 33.2 có chiều ngược với chiều đã vẽ. Hãy xác định chiều của lực từ tác dụng lên các cạnh của khung trong trường hợp đó.

C2 Trong Hình 33.3, giả sử các đường sức từ có chiều ngược lại, nghĩa là các đường sức từ hướng ra phía sau mặt phẳng hình vẽ thì lực từ tác dụng lên khung dây có chiều như thế nào ?



Hình 33.4 Cấu tạo của động cơ điện một chiều.

1. Khung dây ; 2. Nam châm ; 3. Bộ góp điện gồm hai bán khuyên và hai chổi quét.



Hình 33.5 Cấu tạo của điện kế khung quay.

1. Nam châm hình chữ U ; 2. Lõi sắt ; 3. Khung dây lồng ra bên ngoài lõi sắt ; 4. Lò xo (lò xo thứ hai nằm lấp phía sau lõi sắt).

a) Cấu tạo

Cấu tạo của động cơ điện một chiều được trình bày trên Hình 33.4.

b) Hoạt động

Khi cho dòng điện chạy qua khung, momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung làm cho khung quay xung quanh trục OO'. Bộ góp điện (3) gồm hai bán khuyên và hai chổi quét làm cho mỗi khi mặt phẳng khung vuông góc với đường sức từ, thì dòng điện trong khung đổi chiều. Vì vậy khung dây quay liên tục. Tuy dòng điện trong khung đổi chiều nhưng dòng điện từ nguồn đưa vào khung vẫn là dòng điện một chiều, nên động cơ nói trên gọi là động cơ điện một chiều.

3. Điện kế khung quay

Tác dụng của lực từ làm quay khung dây mang dòng điện còn được ứng dụng trong điện kế khung quay.

a) Cấu tạo

Hình 33.5 trình bày cấu tạo của một điện kế khung quay thường gặp. Khung dây có khoảng vài trăm vòng quấn sát nhau. Khung dây lồng ra bên ngoài lõi sắt và được đặt giữa hai cực một nam châm. Ngoài ra còn có lò xo để giữ khung dây ở vị trí xác định.

b) Hoạt động

Khi cho dòng điện vào khung thì ngẫu lực từ làm khung quay lệch ra khỏi vị trí lúc đầu. Khi đó các lò xo sẽ sinh ra momen cản. Khung càng lệch xa vị trí cân bằng thì momen cản càng lớn. Đến khi momen cản cân bằng với momen ngẫu lực từ thì khung dừng lại. Người ta đã chứng minh rằng khi khung cân bằng thì góc lệch ra khỏi vị trí ban đầu tỉ lệ với cường độ dòng điện trong khung.

Để biến điện kế thành ampe kế hay vôn kế, người ta mắc thêm sơn hay thêm điện trở phụ.

CÂU HỎI

1. Hãy chứng tỏ rằng lực từ tác dụng lên khung dây dẫn tạo thành ngẫu lực (chỉ xét trường hợp đường sức từ nằm trong mặt phẳng khung).
2. Hãy viết biểu thức momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây khi các đường sức từ nằm trong mặt phẳng khung dây.
3. Khi mặt phẳng khung vuông góc với các đường sức từ thì lực từ tác dụng lên khung có tạo thành ngẫu lực không ? Nếu có thì momen ngẫu lực bằng bao nhiêu ?
4. Hãy nêu cấu tạo và hoạt động của động cơ điện một chiều.
5. Hãy nêu cấu tạo và hoạt động của điện kế khung quay.

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

   Momen ngẫu lực từ tác dụng lên một khung dây có dòng điện đặt trong từ trường đều

   A. tỉ lệ với diện tích của khung.

   B. có giá trị lớn nhất khi mặt phẳng khung vuông góc với đường sức từ.

   C. phụ thuộc cường độ dòng điện trong khung.

   D. tỉ lệ với cảm ứng từ.

2. Chọn phương án đúng.

   Một khung dây phẳng nằm trong từ trường đều, mặt phẳng khung dây chứa các đường sức từ. Giảm cảm ứng từ đi 2 lần và tăng cường độ dòng điện trong khung lên 4 lần thì momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung sẽ tăng lên

   A. 2 lần. B. 4 lần. C. 6 lần. D. 8 lần.

3. Một khung dây hình chữ nhật *ABCD* đặt trong từ trường đều cảm ứng từ $B = 5.10^{-2}$ T. Cạnh *AB* của khung dài 3 cm, cạnh *BC* dài 5 cm. Dòng điện trong khung có cường độ 2 A. Tính giá trị lớn nhất của momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung trong hai trường hợp :

   a) cạnh *AB* của khung vuông góc còn cạnh *BC* song song với đường sức từ.

   b) cạnh *BC* của khung vuông góc còn cạnh *AB* song song với đường sức từ.

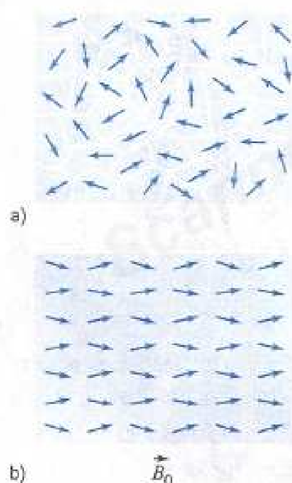
4. Một khung dây có kích thước 2 cm x 3 cm đặt trong từ trường đều. Khung dây gồm 200 vòng. Cho dòng điện cường độ 0,2 A đi vào khung dây. Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung có giá trị lớn nhất bằng 24.10^{-4} N.m. Hãy tính cảm ứng từ của từ trường.

Bài 34. Sự từ hóa các chất. Sắt từ

34 SỰ TỪ HOÁ CÁC CHẤT. SẮT TỪ

Tuỳ theo sự sắp xếp của các dòng điện trong phân tử mà có thể xảy ra hai khả năng. Một là từ trường của các dòng điện trong phân tử khử lẫn nhau hoàn toàn. Hai là từ trường của các dòng điện trong phân tử khử lẫn nhau không hoàn toàn.

Loại chất thứ nhất là các chất nghịch từ, còn loại chất thứ hai là các chất thuận từ.



Hình 34.1 Các miền từ hoá tự nhiên trong sắt từ.

a) Mẫu sắt từ không đặt trong từ trường ; b) Mẫu sắt từ đặt trong từ trường ngoài.

1. Các chất thuận từ và nghịch từ

Các chất trong tự nhiên khi đặt trong từ trường đều bị *từ hoá* (*nhiễm từ*). Tuy nhiên, chỉ có một số rất ít chất có tính từ hoá mạnh, còn lại tuyệt đại đa số chất có tính từ hoá yếu.

Các chất có tính từ hoá yếu gồm các chất *thuận từ* và *nghịch từ*.

Nguyên nhân của hiện tượng từ hoá ở các vật thuận từ và nghịch từ là do trong các phân tử của vật có các dòng điện kín. Các dòng điện này là do sự chuyển động của các êlectron trong nguyên tử tạo thành.

Khi các vật thuận từ và nghịch từ được đặt trong từ trường ngoài thì chúng bị từ hoá. Nhưng nếu ta khử từ trường ngoài (từ trường gây ra sự từ hoá) thì các vật này nhanh chóng trở lại trạng thái bình thường, người ta nói khi đó từ tính của chúng bị mất.

2. Các chất sắt từ

Các chất có tính từ hoá mạnh hợp thành một nhóm gọi là các chất *sắt từ*. Sắt, niken, côban là ba chất (cũng là ba nguyên tố) sắt từ điển hình.

Tính từ hoá mạnh ở sắt được giải thích là do sắt có cấu trúc đặc biệt về phương diện từ. Một mẩu sắt được cấu tạo từ rất nhiều *miền từ hoá tự nhiên*. Mỗi miền đó có kích thước vào cỡ 0,01 – 0,1 mm và chứa khoảng 10^{16} – 10^{19} nguyên tử. Mỗi miền từ hoá tự nhiên có thể coi như một "kim nam châm nhỏ". Bình thường thì các "kim nam châm nhỏ" sắp xếp hỗn độn. Khi đó thanh sắt không có từ tính (Hình 34.1a).

Nếu thanh sắt được đặt vào từ trường ngoài, thì dưới tác dụng của từ trường ngoài, các "kim nam châm nhỏ" có xu hướng sắp xếp theo từ trường ngoài. Khi đó thanh sắt có từ tính (Hình 34.1b).

Bài 34 (tiếp)

3. Nam châm điện. Nam châm vĩnh cửu

• Cho dòng điện chạy qua một ống dây có lõi sắt thì lõi sắt được *từ hoá*. Từ trường của dòng điện trong ống dây gọi là từ trường ngoài. Thí nghiệm chứng tỏ rằng từ trường tổng hợp (từ trường ngoài và từ trường do sự từ hoá của lõi sắt) lớn gấp hàng trăm thậm chí hàng nghìn lần (tuỳ theo chất lượng của lõi sắt) so với từ trường ngoài (từ trường khi không có lõi sắt). Ống dây mang dòng điện có thêm lõi sắt gọi là một *nam châm điện*.

Ngắt dòng điện trong ống dây thì từ tính của lõi sắt cũng bị mất rất nhanh.

Một chất sắt từ mà từ tính của nó bị mất rất nhanh khi từ trường ngoài triệt tiêu được gọi là chất *sắt từ mềm*.

• Thay lõi sắt bằng một lõi thép (sắt pha thêm cacbon với hàm lượng thích hợp) thì từ trường tổng hợp cũng lớn gấp nhiều lần so với từ trường ngoài. Nhưng ở đây có điều khác là sau khi ngắt dòng điện trong ống dây, từ tính của thép còn giữ được một thời gian dài. Thanh thép trở thành một *nam châm vĩnh cửu* hay gọi tắt là *nam châm*.

Một chất sắt từ mà từ tính của nó tồn tại khá lâu sau khi từ trường ngoài triệt tiêu được gọi là chất *sắt từ cứng*.

4. Hiện tượng từ trễ

Xét một ống dây trong đó có lõi thép. Giả sử trước khi thí nghiệm thanh thép chưa bị từ hoá lần nào. Cho dòng điện trong ống dây tăng từ 0 đến giá trị I nào đó thì từ trường ngoài tăng từ 0 đến giá trị B_0. Từ trường của lõi thép cũng tăng từ 0 đến giá trị B_1 theo đường cong OAM (Hình 34.2).

Bây giờ ta giảm từ trường ngoài từ B_0 đến 0 nhưng vẫn giữ nguyên chiều của nó, thì từ trường của lõi thép cũng giảm nhưng không giảm theo MAO mà theo đường cong MP. Ta nhận thấy từ trường ngoài

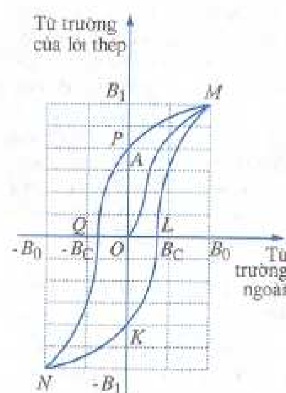
Một thanh sắt chỉ có tính sắt từ khi nhiệt độ của thanh sắt không lớn lắm. Nếu nhiệt độ của nó lớn hơn một nhiệt độ xác định nào đó được gọi là *nhiệt độ Quy-ri*, thì đặc tính sắt từ của nó không còn nữa. Có thể chứng minh hiện tượng đó như sau. Nung nóng đỏ một cái đinh sắt rồi đưa lại gần một nam châm ta sẽ thấy đinh không bị hút bởi nam châm. Nhưng khi nguội đi xuống dưới nhiệt độ Quy-ri thì đinh lại bị nam châm hút.

Các chất sắt từ khác nhau có nhiệt độ Quy-ri khác nhau. Khi nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ Quy-ri thì các chất sắt từ trở thành các chất thuận từ thông thường.

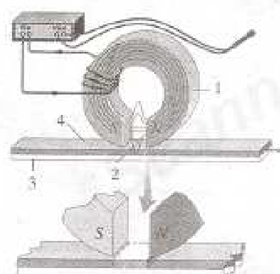
Bảng 34.1

Nhiệt độ Quy-ri của một vài chất

Chất	Nhiệt độ (^oC)
Sắt	773
Niken	358
Côban	1331
Gađôlini	16



Hình 34.2 Chu trình từ trễ.



Hình 34.3 Đầu từ và băng từ trong thiết bị ghi âm.

1. Nam châm điện ; 2. Khe từ ; 3. Lớp nền của băng từ ; 4. Lớp bột sắt từ cứng của băng từ.

C1 Người ta luôn khuyên không nên để băng ghi âm ở gần nguồn từ trường mạnh. Hãy giải thích tại sao.

bằng không nhưng từ trường của lõi thép vẫn còn khác không. Từ trường của lõi thép ứng với điểm P gọi là từ trường còn dư, hay nói gọn là từ dư, của lõi thép. Đoạn đồ thị MP cho thấy từ trường của lõi thép giảm chậm hơn (trễ hơn) từ trường ngoài.

Sau đó ta đổi chiều dòng điện trong ống dây rồi cho từ trường ngoài tăng từ 0 đến giá trị B_0. Khi đó từ trường của lõi thép giảm theo đoạn đường PQN. Ta nhận thấy tại điểm Q, từ trường của lõi thép bằng không, khi đó từ trường ngoài có giá trị bằng $-B_C$. Ta gọi B_C là *từ trường kháng từ* của lõi thép. Từ trường kháng từ phụ thuộc tính chất của lõi thép.

Đến đây nếu ta cho từ trường ngoài tăng từ $-B_0$ đến B_0 thì từ trường của lõi thép tăng theo đường $NKLM$. Quá trình từ hoá sau đó xảy ra theo đường cong kín $MQNLM$. Đường cong kín này gọi là *chu trình từ trễ*.

5. Ứng dụng của các vật sắt từ

Sự từ hoá của các vật sắt từ có rất nhiều ứng dụng. Trong đời sống hàng ngày ta gặp nam châm ở cửa xếp nhựa, ở cửa tủ lạnh, trong quạt điện, trong chuông điện, trong ống nghe và nói của máy điện thoại, trong loa phát thanh,... Trong thực tế, kĩ thuật và trong nghiên cứu khoa học ta gặp nam châm điện trong rơle điện từ, cần cẩu điện, trong máy gia tốc,...

Ở đây ta sẽ nói về một ứng dụng trong việc ghi và đọc âm thanh. Thiết bị để ghi âm gồm hai bộ phận chủ yếu, đó là một đầu từ và một băng từ.

Đầu từ là một nam châm điện. Nó gồm một cuộn dây có lõi làm bằng sắt từ mềm. Đầu từ dùng trong thiết bị ghi được gọi là đầu ghi. Băng từ gồm có hai lớp mỏng. Lớp ở dưới làm bằng chất dẻo gọi là lớp nền ; trên lớp nền người ta phủ một lớp bột sắt từ cứng (thường là ôxit sắt) (Hình 34.3).

Quá trình ghi âm được tiến hành như sau : Khi người nói trước micrô thì dao động âm chuyển thành dao động điện. Dao động điện này được khuếch đại, rồi được đưa vào cuộn dây của đầu ghi. Do đó lõi sắt từ của đầu ghi được từ hoá, với hai cực từ ở hai bên của khe hẹp gọi là *khe từ*. Trong khe từ của đầu ghi có từ trường biến thiên theo âm thanh. Khi băng chuyển động trước khe từ của đầu ghi, thì lớp bột sắt từ bị từ hoá theo đúng như dao động điện do âm thanh gây ra. Người ta nói âm đã được ghi vào băng.

Để phát lại âm đã ghi, người ta cho băng từ chạy qua một đầu từ gọi là đầu đọc. Đầu đọc cũng có cấu tạo tương tự như đầu ghi. Khi băng từ đi qua đầu đọc, do hiện tượng cảm ứng điện từ (sẽ nói ở chương V), trong cuộn dây của đầu đọc xuất hiện dao động điện phù hợp với âm thanh mà ta đã ghi vào băng. Vì vậy, khi khuếch đại dao động điện đó rồi đưa nó ra loa, ta lại nhận được âm đã ghi.

CÂU HỎI

1. Chu trình từ trễ là gì ?
2. Hãy kể một vài ứng dụng của nam châm điện và nam châm vĩnh cửu.
3. Hãy trình bày về ứng dụng của hiện tượng từ hoá trong việc ghi âm.

BÀI TẬP

1. Chọn phát biểu **sai**.

   A. Khi ngắt dòng điện trong cuộn dây của nam châm điện thì từ tính của lõi sắt mất rất nhanh.

   B. Sắt có từ tính mạnh là vì trong sắt có những miền từ hoá tự nhiên.

   C. Trong thiên nhiên có rất nhiều nguyên tố hoá học thuộc loại chất sắt từ.

   D. Chu trình từ trễ chứng tỏ rằng sự từ hoá của sắt phụ thuộc một cách phức tạp vào từ trường gây ra sự từ hoá.

Bài 35. Từ trường Trái Đất

35 TỪ TRƯỜNG TRÁI ĐẤT



Ở trên mặt đất, kim nam châm của la bàn định hướng theo phương Bắc - Nam. Từ nhận xét đó, Gin-bớt đã đưa ra giả thuyết coi Trái Đất như một nam châm khổng lồ.

Con chim di trú (ảnh bên), khi đi trú đông, có thể bay hàng chục nghìn kilômét mà không bị lạc đường. Người ta nghĩ rằng cơ thể của loài chim này có những bộ phận giúp chúng định hướng trong từ trường của Trái Đất.

1. Độ từ thiên. Độ từ khuynh

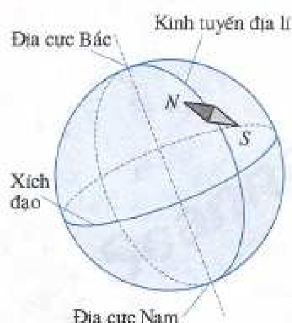
a) Độ từ thiên

Các đường sức từ của từ trường Trái Đất nằm trên mặt đất gọi là các kinh tuyến từ.

Ngay từ cuối thế kỉ XV người ta đã biết rằng kim nam châm của la bàn không chỉ đúng, mà lệch khỏi phương Bắc – Nam địa lí. Điều đó chứng tỏ kinh tuyến từ và kinh tuyến địa lí không hoàn toàn trùng nhau (Hình 35.1).

Góc lệch giữa kinh tuyến từ và kinh tuyến địa lí gọi là độ từ thiên (hay góc từ thiên), kí hiệu là *D*.

Tuỳ theo các vị trí khác nhau trên mặt đất mà có nơi thì cực Bắc của kim la bàn lệch sang phía Đông, có nơi lại lệch sang phía Tây. Người ta quy ước độ từ thiên ứng với trường hợp cực Bắc của kim la bàn lệch sang phía Đông là độ từ thiên dương, ngược lại là độ từ thiên âm. Trên Hình 35.1 ta có $D < 0$.



Hình 35.1 Kim nam châm lệch khỏi kinh tuyến địa lí.

Ở Việt Nam, độ từ thiên rất nhỏ và có giá trị âm. Các giá trị đo được ở một vài nơi như sau : Vinh (Nghệ An) D = –0°12', Cao Bằng D = –0°37'. Có thể nói ở Việt Nam kim la bàn chỉ khá đúng phương Bắc – Nam địa lí.

Tuy nhiên trên mặt đất có những nơi độ từ thiên rất lớn, chẳng hạn tại đảo Grin-len (Greenland) $D \approx 60°$.

b) Độ từ khuynh

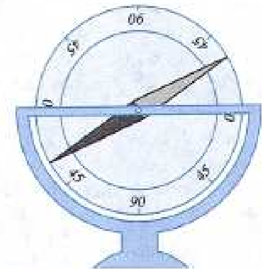
• Quan sát sự định hướng của một kim nam châm nhỏ quay tự do quanh trục nằm ngang đi qua trọng tâm của nó, ta thấy kim lệch khỏi mặt phẳng nằm ngang như trên Hình 35.2.

Bài 35 (tiếp)

Người ta gọi loại la bàn có kim nam châm như vừa được mô tả là la bàn từ khuynh. (Loại la bàn mà ta thường gặp là la bàn từ thiên).

Góc hợp bởi kim nam châm của la bàn từ khuynh và mặt phẳng nằm ngang gọi là ***độ từ khuynh (hay góc từ khuynh)***, *kí hiệu là I.*

• Ở bắc bán cầu, cực Bắc của kim nam châm nằm ở phía dưới mặt phẳng nằm ngang. Người ta quy ước đó là độ từ khuynh dương. Ngược lại ở nam bán cầu, cực Bắc của kim nam châm nằm ở phía trên mặt phẳng nằm ngang, được quy ước là độ từ khuynh âm. Trên Hình 35.2 ta có $I > 0$.



Hình 35.2 Kim nam châm lệch khỏi mặt phẳng nằm ngang.

Trên Trái Đất có hai nơi, tại đó trị số của độ từ khuynh lớn nhất và bằng 90°. Ở những nơi này kim nam châm vuông góc với mặt đất. Hai nơi đó là hai từ cực. Đó chính là căn cứ để xác định vị trí các từ cực của Trái Đất.

Ở Việt Nam độ từ khuynh tại một vài nơi có các giá trị như sau : Tại Cà Mau $I = 0$, ở đó kim nam châm nằm song song với mặt đất ; tại Vĩnh Linh (Quảng Trị) $I = +18°22'$; tại Đồng Văn (Hà Giang) $I = +31°52'$.

2. Các từ cực của Trái Đất

Trái Đất có hai địa cực được gọi là Bắc cực và Nam cực. Ngoài ra nó còn có hai từ cực.

Cực Bắc của kim la bàn hướng về phía Bắc cực, cực Nam hướng về phía Nam cực. Điều đó có nghĩa là chiều đường sức từ của Trái Đất là chiều Nam – Bắc. Vì vậy, từ cực nằm ở nam bán cầu phải gọi là từ cực Bắc, còn từ cực nằm ở bắc bán cầu phải gọi là từ cực Nam. Nhưng ngay từ đầu người ta lại gọi nhầm từ cực ở bắc bán cầu là từ cực Bắc, từ cực ở nam bán cầu là từ cực Nam. Ngày nay ta vẫn dùng cách gọi tên theo thói quen đó.

Vị trí các từ cực của Trái Đất

Ta đã nói các kinh tuyến từ không trùng với các kinh tuyến địa lí. Hiện tượng đó chứng tỏ các từ cực không trùng với các địa cực.

Hiện nay từ cực Bắc ở vĩ độ 78°05' bắc, kinh độ 69°01' tây ; từ cực Nam ở vĩ độ 78°05' nam, kinh độ 110°09' tây.

Bằng cách nghiên cứu các mẫu đá cổ thu thập được trên các lục địa, đặc biệt là ở đáy biển, ngành Cổ Từ học nhận ra rằng thời xa xưa vị trí các từ cực của Trái Đất khác vị trí các từ cực hiện nay. Từ đó người ta đi đến kết luận rằng các từ cực của Trái Đất không nằm yên một chỗ mà di chuyển, mặc dù sự di chuyển đó diễn ra rất chậm.

3. Bão từ

So sánh các số liệu đo đạc tại một nơi cố định người ta nhận ra rằng các yếu tố của từ trường Trái Đất (chẳng hạn cảm ứng từ, độ từ thiên, độ từ khuynh,...) có những biến đổi theo thời gian.

Nếu những biến đổi này xảy ra hầu như cùng một lúc trên quy mô toàn cầu thì ta gọi là *bão từ*.

Người ta chia bão từ thành hai loại là loại yếu và loại mạnh.

Đa số những cơn bão từ yếu thường diễn ra trong khoảng thời gian ngắn, có những cơn bão từ yếu

Hàng loạt các nghiên cứu còn chỉ ra rằng trong quá khứ đã từng xảy ra hiện tượng đảo từ cực, thậm chí không phải chỉ đảo một lần mà đã đảo nhiều lần.

Những dị thường từ

Người ta nhận thấy có những vùng mà tại đó từ trường Trái Đất hay những thành phần của từ trường Trái Đất lớn hơn hay nhỏ hơn rất nhiều so với giá trị bình thường. Hiện tượng đó được gọi là những *dị thường từ*. Trên Trái Đất có tám vùng dị thường từ, vùng dị thường lớn nhất là ở bắc Xi-bia (Nga).

Những vùng dị thường trên có quy mô lục địa. Ngoài ra còn có những vùng dị thường nhỏ có diện tích chừng vài trăm kilômét vuông, thậm chí chỉ vài kilômét vuông. Ở một số vùng dị thường loại này, người ta đã tìm thấy quặng có thể khai thác được.

Ở Việt Nam đã phát hiện dị thường loại này tại một số nơi như Thạch Khê (Hà Tĩnh), Nà Dụa (Cao Bằng), Tòng Bá (Hà Giang),... Khoan thăm dò đã xác nhận rằng ở độ sâu chừng 100 m tại Thạch Khê, Nà Dụa có quặng sắt.

chỉ kéo dài chừng vài ba giây. Ngược lại, những cơn bão từ mạnh kéo dài đến hàng chục giờ, thậm chí vài ngày.

Khoảng cách giữa các cơn bão từ rất khác nhau, không theo quy luật nào. Có năm chỉ có vài cơn bão từ, nhưng có năm có đến ba bốn chục cơn.

Bão từ mạnh thường chỉ xuất hiện trong thời gian hoạt động mạnh của Mặt Trời. Những cơn bão từ mạnh đôi khi có ảnh hưởng rất đáng kể đến việc liên lạc vô tuyến trên hành tinh.

Hiện nay nguyên nhân gây ra từ trường của Trái Đất vẫn chưa được rõ ràng. Có rất nhiều giả thiết được đưa ra nhưng chưa có giả thiết nào tỏ ra có cơ sở khoa học đáng tin cậy. Mặc dù vậy, hầu như tất cả các giả thiết đều cho rằng nguyên nhân gây ra từ trường Trái Đất là ở trong lòng Trái Đất.

CÂU HỎI

1. Độ từ thiên là gì ?
2. Độ từ khuynh là gì ?
3. Bão từ là gì ? Bão từ có ảnh hưởng đến các hoạt động của con người không ?

BÀI TẬP

1. Chọn những thuật ngữ thích hợp trong bài học điền vào chỗ trống trong các câu sau để được phát biểu đúng.

   A. Góc hợp bởi kim la bàn từ thiên và kinh tuyến địa lí gọi là ....

   B. Góc hợp bởi kim la bàn từ khuynh và mặt phẳng nằm ngang gọi là ...

Bài 35 (tiếp)

C. Người ta quy ước ... ứng với trường hợp cực Bắc của kim la bàn từ thiên lệch về phía Đông (so với kinh tuyến địa lí).

D. Người ta quy ước ... ứng với trường hợp cực Bắc của kim la bàn từ khuynh nằm ở phía trên mặt phẳng nằm ngang.

Em có biết ?

Từ trường của Trái Đất có ảnh hưởng đến đời sống của con người và các sinh vật khác hay không ?

Người ta cho rằng từ trường của Trái Đất tác động trực tiếp lên vỏ đại não của người. Tuy nhiên, cho đến nay giả thiết đó vẫn chưa được khoa học chứng minh.

Đối với động vật, có thể kể ra vài hiện tượng lạ sau đây mà người ta cho rằng, chúng có liên quan đến từ trường của Trái Đất.

Cá hồi được sinh ra ở vùng nước ngọt. Ít lâu sau, đoàn cá hồi con đổ ra biển và bơi đi rất xa để kiếm ăn. Sau thời gian dài sinh sống và trưởng thành giữa biển khơi, chúng lại quay trở về như để thăm lại ngôi nhà của chúng. Chúng đến đúng cửa sông mà chúng đã ra đi, và bơi ngược dòng sông về đúng nơi mà chúng đã sinh ra và lớn lên hồi thơ ấu. Hành trình dài hàng nghìn kilômét, nhưng chúng vẫn không hề bị lạc đường.

Về loài chim có thể kể đến con nhạn biển (chim di trú). Suốt mùa hè bắc bán cầu chúng sống trên các đảo ở Bắc Băng Dương gần Bắc cực. Mùa đông đến, chúng đi tránh rét. Nhưng chúng không đến vùng xích đạo mà bay đến tận các đảo ở Nam Băng Dương gần Nam cực. Mùa đông nam bán cầu đến, chúng lại quay trở về Bắc cực. Bay từ địa cực này đến địa cực kia, chúng cũng không bao giờ bị lạc đường.

Người ta nghĩ rằng hình như cơ thể của cá hồi và chim di trú có những bộ phận giúp chúng định hướng trong từ trường của Trái Đất.

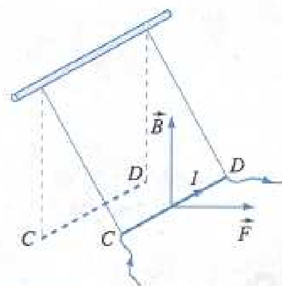
Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa đủ cơ sở khoa học chứng minh cho giả thiết đó.

Bài 36. Bài tập về lực từ

36 BÀI TẬP VỀ LỰC TỪ

1. Một đoạn dây đồng CD dài 20 cm, khối lượng 10 g được treo ở hai đầu bằng hai sợi dây mềm cách điện sao cho đoạn dây CD nằm ngang. Đưa đoạn dây đồng vào trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0{,}2$ T và các đường sức từ là những đường thẳng đứng. Dây treo có thể chịu được lực kéo lớn nhất $F_k = 0{,}06$ N. Hỏi có thể cho dòng điện qua dây đồng CD có cường độ lớn nhất bằng bao nhiêu để dây treo không bị đứt ? Coi khối lượng của hai sợi dây treo rất nhỏ. Lấy $g = 10$ m/s^2.

Bài giải



Hình 36.1

Vì vectơ cảm ứng từ có phương thẳng đứng nên khi cho dòng điện qua dây CD thì lực từ tác dụng lên CD có phương nằm ngang. Vì lực từ có phương nằm ngang nên đoạn dây CD sẽ lệch ra khỏi vị trí ban đầu. Giả sử khi cân bằng CD nằm ở vị trí như Hình 36.1.

Độ lớn của lực từ tác dụng lên CD bằng :

$$F = IBl$$

Gọi trọng lượng của dây CD là P và lực căng của mỗi dây là T. Khi CD nằm cân bằng ta có thể viết :

$$F^2 + P^2 = (2T)^2$$

T phải thoả mãn điều kiện $T \leq F_k$ nên có thể viết :

$$I^2B^2l^2 + P^2 \leq 4F_k^2$$

Từ công thức vừa viết ta rút ra :

$$I^2 \leq \frac{4F_k^2 - P^2}{B^2l^2}$$

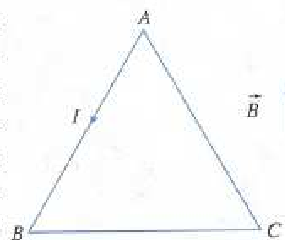
Thay số vào công thức trên ta tìm được :

$$I^2 \leq \frac{4.0{,}06^2 - 0{,}1^2}{0{,}2^2.0{,}2^2} = 2{,}75$$

Vậy : $$I \leq \sqrt{2{,}75} \approx 1{,}66\ A$$

Bài 36 (tiếp)

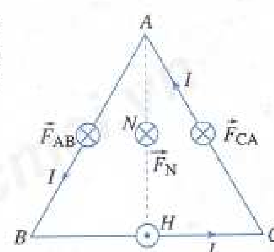
2. Cho một khung dây có dạng hình tam giác đều ABC (Hình 36.2). Khung dây được đặt trong từ trường đều sao cho các đường sức từ song song với mặt phẳng khung dây và vuông góc với cạnh BC của khung. Cho biết cạnh của khung dây bằng a và dòng điện trong khung có cường độ I. Hãy chỉ ra các lực từ tác dụng lên các cạnh của khung và thành lập công thức momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung.



Hình 36.2

Bài giải

Trước hết ta có nhận xét rằng góc hợp bởi đoạn dòng điện AB và vectơ $\vec{B}$ bằng 150°, hợp bởi đoạn dòng điện CA và $\vec{B}$ bằng 30°, hợp bởi đoạn dòng điện BC và $\vec{B}$ bằng 90°.



Hình 36.3

Từ công thức (28.2) ta suy ra :

$$F_{AB} = IBa\sin 150^o = \frac{1}{2}IBa$$

$$F_{CA} = IBa\sin 30^o = \frac{1}{2}IBa$$

$$F_{BC} = IBa\sin 90^o = IBa$$

Chiều của các lực $\vec{F}_{AB}$, $\vec{F}_{CA}$ và $\vec{F}_{BC}$ được chỉ rõ trên Hình 36.3.

Gọi $\vec{F}_N$ là tổng hợp lực của $\vec{F}_{AB}$ và $\vec{F}_{CA}$ thì

$$F_N = \frac{1}{2}IBa + \frac{1}{2}IBa = IBa$$

$\vec{F}_N$ đặt tại trung điểm N của AH và có chiều như trên Hình 36.3.

$\vec{F}_N$ và $\vec{F}_{BC}$ tạo thành ngẫu lực tác dụng lên khung. Momen của ngẫu lực đó là :

$$M = F_N \,.\, NH$$

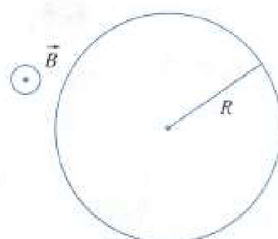
$$NH = \frac{1}{2}AH = a\frac{\sqrt{3}}{4}$$

Vậy :

$$M = IBa.\frac{a\sqrt{3}}{4} = IB\frac{\sqrt{3}}{4}a^2$$

Bài 36 (tiếp)

Chú ý rằng $\frac{\sqrt{3}}{4}a^2 = \frac{1}{2}a\frac{a\sqrt{3}}{2} = S$ là diện tích hình tam giác ABC, tức diện tích mặt phẳng khung dây. Từ đó ta nhận thấy công thức (33.1) không chỉ đúng đối với khung dây hình chữ nhật mà đúng đối với khung dây phẳng có dạng bất kì.



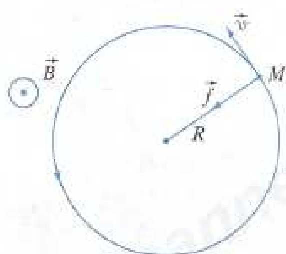
Hình 36.4

3. Một chùm êlectron hẹp được tăng tốc bởi hiệu điện thế $U = 220$V, sau đó đi vào trong từ trường đều theo phương vuông góc với các đường sức từ. Dưới tác dụng của lực Lo-ren-xơ các êlectron trong chùm chuyển động theo quỹ đạo tròn. Coi rằng vòng tròn quỹ đạo đó nằm trong mặt phẳng hình vẽ và các đường sức từ có chiều như trên Hình 36.4.

a) Hãy chỉ ra chiều chuyển động của êlectron trên quỹ đạo.

b) Trong trường hợp đang xét, lực Lo-ren-xơ tác dụng lên êlectron đóng vai trò lực hướng tâm. Hãy tính bán kính R của vòng tròn quỹ đạo.

Cho biết $B = 0,005\ T$; trước khi tăng tốc, tốc độ của êlectron rất nhỏ.



Hình 36.5

Bài giải

a) Vì quỹ đạo của êlectron là đường tròn nên lực Lo-ren-xơ tác dụng lên êlectron đóng vai trò lực hướng tâm ($\vec{f}$ trên Hình 36.5).

Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta xác định được chiều chuyển động của êlectron như đã chỉ rõ trên Hình 36.5. (Đặt úp bàn tay trái để đường sức từ đâm xuyên vào lòng bàn tay. Ngón cái choãi ra 90° hướng ngược chiều với chiều của lực $\vec{f}$ (vì êlectron mang điện tích âm). Khi đó chiều từ cổ tay đến bốn ngón kia chỉ chiều chuyển động của êlectron tại M).

b) Vì $\vec{v}$ vuông góc với $\vec{B}$ nên lực Lo-ren-xơ tác dụng lên êlectron có độ lớn là $|e|Bv$. Mặt khác biểu thức của lực hướng tâm có dạng $\frac{mv^2}{R}$. Vì lực Lo-ren-xơ đóng vai trò của lực hướng tâm nên ta có thể viết :

Bài đọc thêm: Từ trường và máy gia tốc

$$|e|Bv = \frac{mv^2}{R}$$

Suy ra
$$R = \frac{mv}{|e|B} \quad (1)$$

Trước khi tăng tốc, tốc độ của êlectron rất nhỏ, có thể bỏ qua, do đó :

$$\frac{mv^2}{2} = |e|U$$

$$v = \sqrt{\frac{2|e|U}{m}} \quad (2)$$

Thay (2) vào (1) ta được :

$$R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{|e|}}$$

Thay số :

$m = 9{,}11.10^{-31}$ kg ; $|e| = 1{,}6.10^{-19}$ C ; $U = 220$ V ; $B = 0{,}005$ T

Cuối cùng ta có :

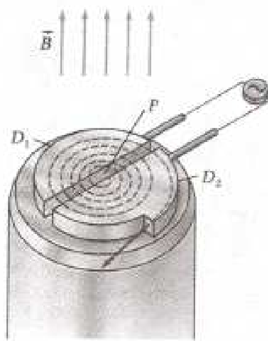
$$R = \frac{1}{0{,}005}\sqrt{\frac{2.9{,}11.10^{-31}.220}{1{,}6.10^{-19}}} = 0{,}01 \text{ m.}$$

BÀI ĐỌC THÊM

TỪ TRƯỜNG VÀ MÁY GIA TỐC

Để tìm hiểu cấu trúc của vật chất cần phải có những hạt có vận tốc lớn. Muốn vậy người ta nghĩ đến phương pháp dùng điện trường để truyền năng lượng cho hạt mang điện. Máy phát tĩnh điện Van-đơ-Grap có thể tạo ra hiệu điện thế đến hàng triệu vôn để tăng tốc hạt mang điện. Lau-rân-xơ (Ernest Orlando Lawrence, 1901 – 1958, nhà vật lí người Mĩ, giải Noben năm 1939) đưa ra ý tưởng chế tạo một máy gia tốc trong đó hạt mang điện được tăng tốc nhờ sự phối hợp của điện trường và từ trường. Máy gia tốc chế tạo theo ý tưởng của Lau-rân-xơ gọi là xiclôtrôn (xem ảnh ở đầu chương). Chiếc xiclôtrôn được đưa ra thử nghiệm lần đầu tiên vào năm 1931. Thực tế chứng tỏ rằng xiclôtrôn là máy gia tốc rất hữu ích.

Bài đọc thêm (tiếp)



Hình 36.6. Nguyên tắc cấu tạo của xiclôtrôn. Đường chấm chấm mô tả quỹ đạo một hạt mang điện trong xiclôtrôn đó.

Xiclôtrôn gồm có hai hộp rỗng hình chữ D làm bằng đồng ghép với nhau thành một hình tròn đặt trong chân không (Hình 36.6). Hai cạnh thẳng của hộp chữ D không đặt sát nhau mà cách nhau một khoảng hẹp. Hai hộp D_1, D_2 được nối với hai cực của một nguồn điện – có chiều thay đổi một cách tuần hoàn theo thời gian. Vì vậy, trong khoảng hẹp giữa hai cạnh thẳng của hộp chữ D có một điện trường có chiều thay đổi tuần hoàn. Hộp đặt trong từ trường đều của một nam châm điện, vectơ cảm ứng từ vuông góc với mặt hộp.

Giả sử lúc đầu có một hạt tích điện dương xuất phát từ điểm P rất gần tâm xiclôtrôn và đi vào hộp D_2 ở bên phải. Người ta điều chỉnh nguồn điện để cho lúc ấy hộp D_2 bên phải tích điện âm, hộp D_1 bên trái tích điện dương.

Vectơ cảm ứng từ có chiều như trên hình vẽ nên lực Lo-ren-xơ làm cho hạt chuyển động theo nửa đường tròn trong D_2. Khi hạt vừa đến cạnh thẳng của D_2 thì nguồn điện đổi chiều làm cho hộp bên phải tích điện dương, hộp bên trái tích điện âm. Vì vậy, khi hạt đi vào khoảng hẹp giữa hai cạnh thẳng thì điện trường tăng tốc cho hạt. Bây giờ hạt lại chuyển động trong hộp D_1 bên trái. Ở đó lực Lo-ren-xơ cũng làm cho hạt chuyển động trên nửa đường tròn. Nhưng bán kính của nửa đường tròn quỹ đạo này lớn hơn bán kính nửa đường tròn quỹ đạo ở trong D_2. Ta đã biết, vận tốc của hạt lớn thì bán kính của đường tròn quỹ đạo cũng lớn (bài tập 3, bài 36). Tuy nhiên thời gian chuyển động trên các nửa đường tròn quỹ đạo thì lại không phụ thuộc vào bán kính. Vì vậy người ta điều chỉnh sao cho chu kì thay đổi cực của nguồn điện bằng hai lần thời gian hạt chuyển động trên mỗi nửa đường tròn. Kết quả là quỹ đạo của hạt trong hai hộp D có bán kính tăng dần, nhưng cứ mỗi khi hạt bắt đầu đi vào trong khoảng hẹp có điện trường thì điện trường đổi chiều, làm cho hạt luôn luôn được tăng tốc. Vì hạt được tăng tốc nhiều lần nên cuối cùng nó thu được vận tốc lớn.

Tuy nhiên, khi vận tốc của hạt rất lớn, do hiệu ứng tương đối tính (sẽ học ở lớp 12) nên khối lượng của hạt thay đổi. Khi đó chu kì quay của hạt không cùng pha với hiệu điện thế của nguồn nữa. Do đó, xiclôtrôn chỉ có tác dụng tăng tốc cho hạt đến một giới hạn nhất định.

Muốn thu được những hạt có vận tốc lớn hơn, người ta chế tạo các máy gia tốc mà chu kì của hiệu điện thế cùng pha với chu kì quay của hạt. Bằng cách đó, người ta thu được những hạt có vận tốc lớn gấp nhiều lần so với vận tốc của hạt được tăng tốc bằng máy xiclôtrôn.

Bài 37. Thực hành: Xác định thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất

37 Thực hành : XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN NẰM NGANG CỦA TỪ TRƯỜNG TRÁI ĐẤT

1. Mục đích

• Tìm hiểu cấu tạo và hoạt động của la bàn tang (điện kế tang).

• Dùng la bàn tang và máy đo điện đa năng hiện số để xác định thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất.

2. Cơ sở lí thuyết

• Nếu đặt một kim nam châm trong lòng một cuộn dây có dòng điện thì kim nam châm sẽ chịu tác dụng đồng thời của từ trường Trái Đất và từ trường cuộn dây.

• Kim nam châm sẽ bị định hướng theo phương và chiều từ trường tổng hợp của từ trường Trái Đất và từ trường cuộn dây.

• Để xác định thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất, ta có thể dùng la bàn tang có nguyên tắc cấu tạo và hoạt động như Hình 37.1, trong đó :

– 1 : I ⊗ và I ⊙ : Cuộn dây có dòng điện I với chiều như kí hiệu trên hình vẽ.

– 2 : Kim nam châm.

– 3 : Thước đo góc.

– 4 : Kim chỉ thị (gắn vuông góc với kim nam châm).

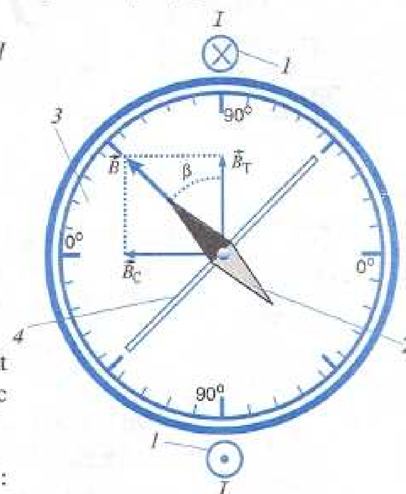
– $\vec{B}_T$: Từ trường Trái Đất (thành phần nằm ngang).

– $\vec{B}_C$: Từ trường cuộn dây.

Khi đặt mặt phẳng cuộn dây trùng với mặt phẳng kinh tuyến từ, ta có thể xác định được B_T theo công thức :

$$B_T = \frac{B_C}{\tan\beta} = 4\pi.10^{-7}\frac{NI}{d\tan\beta}$$, trong đó :

N là số vòng dây của cuộn dây dẫn, I là cường độ dòng điện qua cuộn dây, d là đường kính cuộn dây, β là góc quay của kim nam châm so với vị trí ban đầu chưa có dòng điện qua cuộn dây.



Hình 37.1 Nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của la bàn tang.

Bài 37 (tiếp)

3. Phương án thí nghiệm



Hình 37.2 La bàn tang.

• Dụng cụ thí nghiệm

– La bàn tang (Hình 37.2) có các số vòng dây 100 vòng, 200 vòng, 300 vòng ; đường kính d của vòng dây cỡ 160 mm.

– Máy đo điện đa năng hiện số.

– Nguồn điện một chiều 6V–150 mA.

– Các dây dẫn.

• Tiến trình thí nghiệm

– Điều chỉnh la bàn tang sao cho mặt thước đo góc thật sự nằm ngang, kim nam châm nằm trong mặt phẳng cuộn dây (chưa có dòng điện), khi đó kim chỉ thị chỉ số 0^o. Giữ nguyên vị trí la bàn trong suốt quá trình thí nghiệm.



Hình 37.3

Bố trí thí nghiệm để xác định giá trị cường độ dòng điện khi góc lệch $\beta = 45^o$.

– Mắc nối tiếp cuộn dây $N_{12} = 200$ vòng của la bàn tang với ampe kế, rồi nối vào nguồn điện như Hình 37.3.

– Tăng dần U cho tới khi kim chỉ thị của la bàn chỉ $\beta = 45^o$ thì ghi giá trị của I', sau đó giảm U về giá trị 0.

– Đổi chiều dòng điện qua cuộn dây của la bàn tang, lặp lại như trên và ghi giá trị của I''.

– Tính giá trị trung bình của cường độ dòng điện $\overline{I} = \frac{1}{2}(I' + I'')$ và B_T. Ghi kết quả vào bảng số liệu.

– Lặp lại các bước thí nghiệm trên hai lần để đọc, ghi vào bảng số liệu các giá trị I', I'' và tính, ghi vào bảng số liệu $\overline{I}$, B_T.

– Tính $\overline{B}_T$ và ΔB_T.

– Lặp lại các bước thí nghiệm lần lượt với các cuộn dây N_{23} =100 vòng và N_{13} = 300 vòng của la bàn tang.

4. Báo cáo thí nghiệm

a) Mục đích thí nghiệm.

b) Cơ sở lí thuyết.

c) Tiến trình thí nghiệm.

d) Kết quả thí nghiệm : Lập bảng số liệu, tính toán.

– Thí nghiệm với cuộn dây N_{12} = 200 vòng, $d_{\text{cuộn dây}} = 160.10^{-3}$ m.

Bảng 37.1

Lần thí nghiệm	I' (mA)	I'' (mA)	$\overline{I}$ (mA)	B_T (T)
1				
2				
3				

$$\overline{B}_T = \frac{B_{T_1} + B_{T_2} + B_{T_3}}{3} = ... \qquad \Delta B_T = \frac{B_{T_{max}} - B_{T_{min}}}{2} = ...$$

$$B_T = \overline{B}_T \pm \Delta B_T = ...$$

– Lập các bảng số liệu tương tự cho các thí nghiệm với cuộn dây $N_{23} = 100$ vòng và $N_{13} = 300$ vòng.

e) Nhận xét về kết quả thí nghiệm.

So sánh các kết quả tính B_T trong ba thí nghiệm và rút ra kết luận.

CÂU HỎI

1. Tại sao dùng la bàn tang, ta không thể xác định được thành phần thẳng đứng của từ trường Trái Đất ?
2. Có thể dùng nguồn điện xoay chiều để tạo từ trường của cuộn dây trong la bàn tang được không ? Vì sao ?

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.

Trong thí nghiệm ở bài học, trước khi cho dòng điện vào cuộn dây nhất thiết phải điều chỉnh vị trí của kim nam châm

A. vuông góc với mặt phẳng cuộn dây.

B. nằm trong mặt phẳng cuộn dây.

C. lệch 45^0 so với mặt phẳng cuộn dây.

D. tuỳ ý so với mặt phẳng cuộn dây.

Tóm tắt chương IV

TÓM TẮT CHƯƠNG IV

1. Từ trường. Cảm ứng từ

- Xung quanh nam châm và xung quanh dòng điện (nói chung là xung quanh điện tích chuyển động) tồn tại từ trường. Từ trường có tính chất cơ bản là tác dụng lực từ lên nam châm hay lên dòng điện (điện tích chuyển động) đặt trong nó.
- Cảm ứng từ là đại lượng đặc trưng cho từ trường về mặt tác dụng lực từ. Đơn vị cảm ứng từ là tesla kí hiệu là T.
- Cảm ứng từ của từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt trong không khí :

$$B = 2.10^{-7}\frac{I}{r}$$

r là khoảng cách từ điểm khảo sát đến dây dẫn.
- Cảm ứng từ của từ trường tại tâm của dòng điện trong khung dây tròn :

$$B = 2\pi.10^{-7}\frac{NI}{R}$$

R là bán kính của khung dây, N là số vòng dây trong khung, I là cường độ dòng điện trong mỗi vòng.
- Cảm ứng từ của từ trường của dòng điện trong ống dây : $B = 4\pi.10^{-7}nI$
n là số vòng dây trên một đơn vị dài của ống.

2. Lực từ

- Lực từ tác dụng lên một đoạn dòng điện đặt trong từ trường đều : $F = IBl\sin\alpha$, α là góc hợp bởi đoạn dòng điện và cảm ứng từ.
- Lực từ tác dụng trên mỗi đơn vị dài của hai dòng điện song song :

$$F = 2.10^{-7}\frac{I_1I_2}{r}$$

r là khoảng cách giữa hai dòng điện.

3. Momen ngẫu lực từ

Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây có dòng điện :

$$M = IBS\sin\theta$$

trong đó S là diện tích phần mặt phẳng giới hạn bởi khung, θ là góc hợp bởi vectơ pháp tuyến của khung và cảm ứng từ.

4. Lực Lo-ren-xơ

Lực Lo-ren-xơ tác dụng lên hạt mang điện chuyển động :

$$f = |q|vB\sin\alpha$$

trong đó q là điện tích của hạt, α là góc hợp bởi vectơ vận tốc của hạt và cảm ứng từ.

Chương V. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

CHƯƠNG V

Cảm ứng điện từ



Đàn ghi ta điện

Chương này trình bày các vấn đề về hiện tượng cảm ứng điện từ, định luật Fa-ra-đây, định luật Len-xơ, suất điện động cảm ứng trong đoạn dây dẫn chuyển động, quy tắc bàn tay phải, hiện tượng tự cảm, suất điện động tự cảm, hệ số tự cảm.

Bài 38. Hiện tượng cảm ứng điện từ. Suất điện động cảm ứng

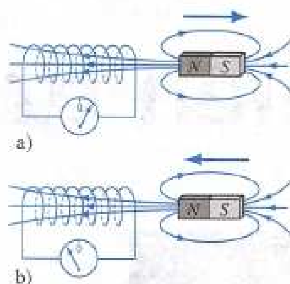
38 HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG

Thí nghiệm O-xtét cho biết dòng điện sinh ra từ trường. Ngược lại từ trường có thể sinh ra dòng điện được không ?

1. Thí nghiệm

a) Thí nghiệm 1

Sơ đồ của thí nghiệm như trên Hình 38.1.



Hình 38.1 Thí nghiệm 1 về cảm ứng điện từ khi nam châm và ống dây chuyển động đối với nhau.

a) Khi nam châm ra xa ống dây, số đường sức qua ống dây giảm đi.

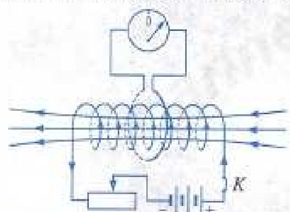
b) Khi nam châm lại gần ống dây, số đường sức qua ống dây tăng lên.

Khi số đường sức qua ống dây biến đổi, thì kim điện kế lệch khỏi vạch 0.

Thí nghiệm cho biết từ trường không sinh ra dòng điện. Nhưng khi số đường sức từ qua ống dây thay đổi, thì có dòng điện qua ống dây.

b) Thí nghiệm 2

Thí nghiệm bố trí theo sơ đồ ở Hình 38.2 cho biết, khi di chuyển con chạy thì có dòng điện trong vòng dây.



Hình 38.2 Thí nghiệm 2 về cảm ứng điện từ khi dòng điện trong ống dây biến đổi.

Khi con chạy di chuyển trên biến trở, kim điện kế lệch khỏi vạch số 0. Khi con chạy dừng lại, kim điện kế lại trở về vạch số 0.

C1 Khi đóng hay mở ngắt điện trong thí nghiệm ở Hình 38.2, thì kim điện kế có lệch khỏi vạch 0 không ? Giải thích.

Khi con chạy di chuyển, thì từ trường trong ống dây biến đổi. Điều đó cũng có nghĩa là khi đó số đường sức từ xuyên qua vòng dây biến đổi. Vậy thí nghiệm này cũng cho biết, khi số đường sức từ xuyên qua vòng dây biến đổi thì trong vòng dây xuất hiện dòng điện.

2. Khái niệm từ thông

a) Định nghĩa từ thông

Giả sử có một mặt phẳng diện tích S được đặt trong từ trường đều $\vec{B}$. Vẽ vectơ pháp tuyến $\vec{n}$ của S. Chiều của $\vec{n}$ có thể chọn tuỳ ý. Góc hợp thành bởi $\vec{B}$ và $\vec{n}$ kí hiệu là α. Ta đặt :

$$\Phi = BS\cos\alpha \qquad (38.1)$$

Đại lượng Φ xác định bằng công thức (38.1) được gọi là *cảm ứng từ thông* qua diện tích S, gọi tắt là *từ thông* qua diện tích S.

Bài 38 (tiếp)

Theo định nghĩa, từ thông là đại lượng đại số, dấu của từ thông phụ thuộc vào việc chọn chiều của vectơ $\vec{n}$. Trên Hình 38.3a ta có $\Phi > 0$, còn trên Hình 38.3b thì $\Phi < 0$. Tuy nhiên, để đơn giản, sau này ta quy ước là nếu không có những điều kiện bắt buộc đối với chiều của $\vec{n}$ thì ta chọn chiều của vectơ $\vec{n}$ sao cho α là góc nhọn. Với quy ước đó, Φ là đại lượng dương.

b) Ý nghĩa của từ thông

Trong công thức (38.1) nếu $\alpha = 0$, thì $\Phi = BS$. Lấy $S = 1$ thì $\Phi = B$. Đẳng thức này gợi ý ta đưa ra quy định là vẽ các đường sức từ sao cho số đường sức xuyên qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với đường sức thì bằng trị số của cảm ứng từ B. Nếu vậy, từ thông bằng số đường sức từ xuyên qua diện tích S đặt vuông góc với đường sức.

Vì vậy người ta dùng khái niệm từ thông để diễn tả số đường sức từ xuyên qua một diện tích nào đó. Đó là ý nghĩa của từ thông.

c) Đơn vị từ thông

Trong hệ SI, đơn vị từ thông là vêbe, kí hiệu là Wb. Theo công thức (38.1) nếu $\cos\alpha = 1$, $S = 1$ m^2, $B = 1$ T thì $\Phi = 1$ Wb. Vậy 1Wb = 1 T.1 m^2.

3. Hiện tượng cảm ứng điện từ

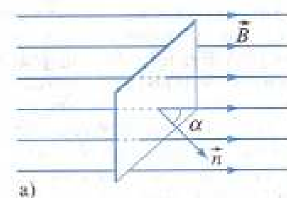
a) Dòng điện cảm ứng

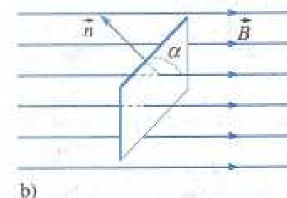
Từ các thí nghiệm 1, 2 và dùng khái niệm từ thông, ta có thể nói khi từ thông qua mặt giới hạn bởi mạch điện kín biến đổi theo thời gian thì trong mạch xuất hiện dòng điện.

Dòng điện xuất hiện khi có sự biến đổi từ thông qua mạch điện kín gọi là dòng điện cảm ứng.

b) Suất điện động cảm ứng

Trong mạch điện kín có dòng điện thì trong mạch phải tồn tại suất điện động. Ta gọi suất điện động sinh ra dòng điện cảm ứng trong mạch điện kín là *suất điện động cảm ứng*.



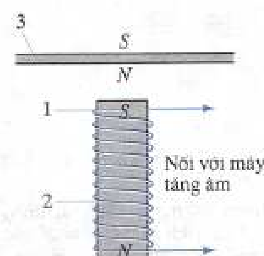


Hình 38.3 Các đường sức từ xuyên qua diện tích S.

a) $\vec{n}$ hợp với $\vec{B}$ góc $\alpha < \frac{\pi}{2}$;

b) $\vec{n}$ hợp với $\vec{B}$ góc $\alpha > \frac{\pi}{2}$.

C2 Từ thông qua diện tích S bằng số đường sức từ qua diện tích đó. Nói thế đúng hay sai ?



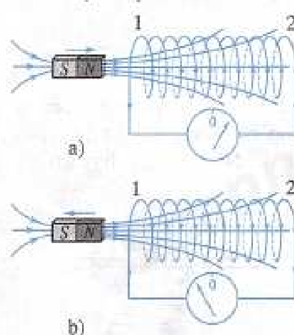
Hình 38.4 Dây đàn và cuộn dây cảm ứng trong đàn ghi ta điện.

1. Nam châm vĩnh cửu.

2. Cuộn dây ; 3. Dây đàn bằng thép.

Đàn ghi ta điện (ảnh đầu chương) có cấu tạo đặc, không có hộp cộng hưởng. Sở dĩ ta nghe được âm phát ra bởi dây dẫn là nhờ ở sáu cuộn dây cảm ứng gắn vào đàn ở bên dưới sáu dây đàn. Mỗi cuộn dây cảm ứng gồm một nam châm vĩnh cửu nhỏ 1 đặt bên trong một cuộn dây 2 (Hình 38.4). Cuộn dây 2 được nối với máy tăng âm.

Vì dây đàn bằng thép nên đoạn dây nằm sát ngay bên trên nam châm của cuộn dây cảm ứng được từ hoá. Khi gảy đàn thì dây đàn dao động. Do đó từ thông qua cuộn dây 2 thay đổi, sinh ra dòng điện cảm ứng. Dòng điện cảm ứng biến đổi cả về chiều và cường độ phù hợp với dao động của dây đàn, nghĩa là phù hợp với dao động của âm. Dòng điện cảm ứng được đưa đến máy tăng âm và phát ra qua loa làm ta nghe được âm do dây đàn phát ra.



Hình 38.5 Thí nghiệm về định luật Len-xơ.

Trong thí nghiệm này ta dùng điện kế có vạch số 0 ở giữa để xác định chiều của dòng điện cảm ứng.

a) Đưa cực Bắc của nam châm lại gần đầu (1) của ống dây. Chiều của dòng điện cảm ứng được chỉ bằng các mũi tên ở ống dây. Đầu 1 là cực Bắc của ống dây.

b) Đưa cực Bắc của nam châm ra xa đầu (1) của ống dây. Đầu 1 là cực Nam của ống dây.

Từ hai thí nghiệm nói trên và nhiều thí nghiệm khác, ta có thể rút ra kết luận chung là :

Khi có sự biến đổi từ thông qua mặt giới hạn bởi một mạch kín thì trong mạch xuất hiện suất điện động cảm ứng.

Hiện tượng xuất hiện suất điện động cảm ứng được gọi là *hiện tượng cảm ứng điện từ.*

Hiện tượng cảm ứng điện từ được Fa-ra-đây phát minh và công bố vào năm 1831. Đó là một trong số những phát minh quan trọng nhất trong lĩnh vực điện từ.

4. Chiều của dòng điện cảm ứng. Định luật Len-xơ

a) Thí nghiệm

Ta xác định chiều dòng điện cảm ứng theo sơ đồ thí nghiệm như trên Hình 38.5.

b) Nhận xét

Từ thí nghiệm, ta có nhận xét là khi nam châm lại gần ống dây thì từ trường của dòng điện cảm ứng trong ống dây như muốn ngăn cản nam châm lại gần nó ; còn khi nam châm ra xa ống dây thì từ trường của dòng điện cảm ứng lại cũng như muốn ngăn cản nam châm ra xa nó.

c) Định luật Len-xơ

Nhận xét trên cũng là nội dung của định luật xác định chiều của dòng điện cảm ứng, gọi là *định luật Len-xơ* :

Dòng điện cảm ứng có chiều sao cho từ trường do nó sinh ra có tác dụng chống lại nguyên nhân đã sinh ra nó.

5. Định luật Fa-ra-đây về cảm ứng điện từ

Trên đây ta đã nói khi có sự biến thiên của từ thông qua mặt giới hạn bởi một mạch kín thì trong mạch xuất hiện suất điện động cảm ứng. Thực nghiệm chứng tỏ rằng, **độ lớn của suất điện động cảm ứng trong mạch kín tỉ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông qua mạch.** Phát biểu trên được gọi là định luật Fa-ra-đây về cảm ứng điện từ.

Bài 38 (tiếp)

Nếu trong khoảng thời gian Δt đủ nhỏ, từ thông qua mạch biến thiên một lượng $\Delta\Phi$ thì $\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$ là tốc độ biến thiên của từ thông. Vì vậy, ta có thể viết :

$$|e_c| = k\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$$

Trong hệ SI, hệ số tỉ lệ $k = 1$. Nếu kể đến định luật Len-xơ thì trong hệ SI công thức xác định suất điện động cảm ứng được viết dưới dạng sau :

$$e_c = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad (38.2)$$

Dấu trừ (–) biểu thị định luật Len-xơ.

Trong trường hợp mạch điện là một khung dây có N vòng dây thì

$$e_c = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

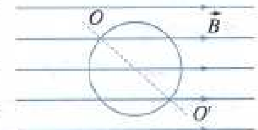
trong đó Φ là từ thông qua diện tích giới hạn bởi một vòng dây.

C3 Ở thí nghiệm Hình 38.5a, nếu giữ thanh nam châm đứng yên và cho ống dây lại gần thanh nam châm thì chiều dòng điện cảm ứng trong ống dây có thay đổi không ? Giải thích.

C4 Vẫn là thí nghiệm ở Hình 38.5a, nhưng bây giờ quay thanh nam châm để cho cực Nam của nam châm ở bên phải. Đưa nam châm lại gần ống dây thì chiều dòng điện cảm ứng trong ống dây có thay đổi không ? Giải thích.

CÂU HỎI

1. Hãy phát biểu định nghĩa từ thông và nêu ý nghĩa của khái niệm từ thông.
2. Khung dây dẫn quay trong từ trường đều xung quanh trục OO′ đi qua tâm khung dây (Hình 38.6). Hỏi có dòng điện cảm ứng trong khung không ? Giải thích.



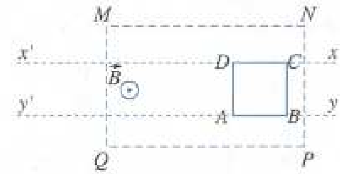
Hình 38.6

3. Hãy phát biểu định luật Len-xơ.
4. Trong thí nghiệm ở Hình 38.2, đầu bên trái ống dây là đầu Bắc, di chuyển con chạy về bên trái. Dùng định luật Len-xơ hãy chỉ ra chiều của dòng điện cảm ứng trong vòng dây.
5. Giả sử cho thanh nam châm và ống dây trong thí nghiệm ở Hình 38.5 cùng chuyển động sang bên trái với vận tốc như nhau thì kim của điện kế có bị lệch khỏi vạch 0 không ? Giải thích.
6. Hãy viết công thức xác định suất điện động cảm ứng trong một mạch điện kín.

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.

Khung dây dẫn *ABCD* được đặt trong từ trường đều như Hình 38.7. Coi rằng bên ngoài vùng *MNPQ* không có từ trường. Khung chuyển động thẳng đều dọc theo hai đường song song *x'x*, *y'y*. Trong khung sẽ xuất hiện dòng điện cảm ứng khi



Hình 38.7

A. khung đang chuyển động ở ngoài vùng *MNPQ*.

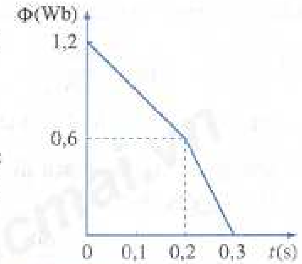
B. khung đang chuyển động ở trong vùng *MNPQ*.

C. khung đang chuyển động từ ngoài vào trong vùng *MNPQ*.

D. khung đang chuyển động đến gần vùng *MNPQ*.

2. Chọn phương án đúng.

Từ thông Φ qua một khung dây biến đổi theo thời gian được cho trên Hình 38.8. Suất điện động cảm ứng e_c trong khung



Hình 38.8

A. trong khoảng thời gian 0 → 0,1 s là e_{c_1} = 3 V.

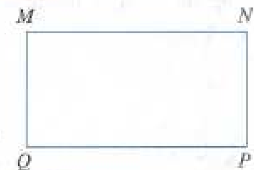
B. trong khoảng thời gian 0,1 → 0,2 s là e_{c_2} = 6 V.

C. trong khoảng thời gian 0,2 → 0,3 s là e_{c_3} = 9 V.

D. trong khoảng thời gian 0 → 0,3 s là e_{c_4} = 4 V.

3. Chọn phương án đúng.

Giả sử khung dây mà qua đó từ thông biến thiên như trên Hình 38.8 có dạng hình chữ nhật *MNPQ* (Hình 38.9). Theo định luật Len-xơ thì dòng điện cảm ứng trong khung dây có chiều



Hình 38.9

A. *MNPQM*.

B. *MQPNM*.

C. 0 → 0,2s : *MNPQM* ; 0,2 → 0,3 s : *MQPNM*.

D. Chưa kết luận được vì chưa biết phương, chiều của $\vec{B}$.

4. Một khung dây dẫn hình chữ nhật kích thước 3 cm x 4 cm đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 5.10^{-4}$ T. Vectơ cảm ứng từ hợp với mặt phẳng khung một góc 30°. Tính từ thông qua khung dây dẫn đó.

5. Một hình vuông cạnh 5 cm, đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 4.10^{-4}$ T. Từ thông qua hình vuông đó bằng 10^{-6} Wb. Tính góc hợp bởi vectơ cảm ứng từ và vectơ pháp tuyến với hình vuông đó.

6. Một khung dây phẳng, diện tích 20 cm², gồm 10 vòng được đặt trong từ trường đều. Vectơ cảm ứng từ hợp thành với mặt phẳng khung dây một góc $\frac{\pi}{6}$ và có độ lớn bằng 2.10^{-4} T. Người ta làm

Bài 38 (tiếp)

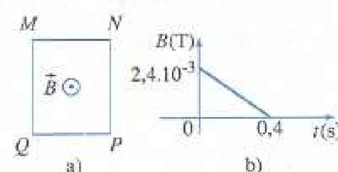
cho từ trường giảm đều đến không trong khoảng thời gian 0,01 s. Tính suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung dây trong thời gian từ trường biến đổi.

7. Khung dây *MNPQ* cứng, phẳng, diện tích 25 cm^2, gồm 10 vòng dây. Khung dây được đặt trong từ trường đều. Vectơ cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng khung dây và có chiều như trên Hình 38.10a. Cảm ứng từ biến thiên theo thời gian như đường biểu diễn trên Hình 38.10b.

   a) Tính độ biến thiên của từ thông qua khung dây kể từ lúc t = 0 đến t = 0,4 s.

   b) Xác định suất điện động cảm ứng trong khung.

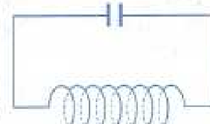
   c) Tìm chiều của dòng điện cảm ứng trong khung.



Hình 38.10

Em có biết ?

Người ta vẫn nói rằng Fa-ra-đây là người phát minh ra hiện tượng cảm ứng điện từ. Nhưng cũng nên nói thêm rằng độc lập và hầu như đồng thời với Fa-ra-đây, còn có Hen-ri (Joseph Henry, 1797 – 1878, nhà vật lí người Mĩ) là người cũng nghiên cứu hiện tượng này. Lúc ấy Hen-ri đang là một giáo viên. Ông đã dành suốt kì nghỉ hè của mình để nghiên cứu hiện tượng này. Nhưng mãi một năm sau Hen-ri mới công bố những kết quả nghiên cứu của mình. Vì Fa-ra-đây là người công bố trước nên ông được ưu tiên hưởng bản quyền phát minh.



Hình 38.11 Khung dao động.

Tuy Hen-ri không được công nhận là người phát minh ra hiện tượng cảm ứng điện từ, nhưng người ta vẫn lấy tên ông đặt tên cho đơn vị độ tự cảm của ống dây (sẽ nói đến ở bài 41) là *henri*. Còn đơn vị điện dung của tụ điện thì được gọi là *fara*. Đây là điều rất có ý nghĩa. Bởi vì, trong một mạch để tạo ra dao động điện từ (sẽ học ở lớp 12) bao giờ cũng có tụ điện và ống dây như trên Hình 38.11.

Ngoài ra, về mặt con người thì giữa hai nhà khoa học này lại có một sự giống nhau thú vị. Fa-ra-đây là người trưởng thành bằng tự học. Năm 13 tuổi ông đã phải đi học việc trong một hiệu đóng sách ở Luân Đôn. Ông đã học được rất nhiều qua những quyển sách ở đó. Còn Hen-ri thì từ năm 14 tuổi cũng đã phải đi học việc trong một hiệu đồng hồ ở Niu-Oóc.

Bài 39. Suất điện động cảm ứng trong một đoạn dây dẫn chuyển động

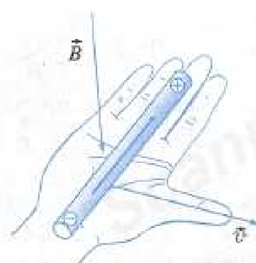
39 SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG TRONG MỘT ĐOẠN DÂY DẪN CHUYỂN ĐỘNG

1. Suất điện động cảm ứng trong một đoạn dây dẫn chuyển động trong từ trường



Hình 39.1 Thí nghiệm về suất điện động cảm ứng trong một đoạn dây chuyển động.

MN là đoạn dây dẫn cứng, *PN* và *QM* là hai thanh ray dẫn điện đặt nằm ngang. Từ trường đều và hướng từ trên xuống dưới.



Hình 39.2 Quy tắc bàn tay phải.

Xét một mạch điện như trên Hình 39.1. Cho đoạn dây dẫn *MN* chuyển động và vẫn tiếp xúc điện với hai thanh ray, ta thấy kim điện kế lệch khỏi vạch số 0. Điều đó chứng tỏ khi đó trong mạch xuất hiện suất điện động cảm ứng. Khi đoạn dây *MN* dừng lại thì kim điện kế lại trở về vạch số 0.

Có thể đoán nhận rằng suất điện động cảm ứng trong mạch đang xét thực chất chỉ xuất hiện khi đoạn dây *MN* chuyển động. Nói cách khác đoạn dây *MN* chuyển động đóng vai trò như một nguồn điện, còn hai thanh ray chỉ đóng vai trò các dây nối tạo thành mạch điện.

Vậy, khi đoạn dây *MN* chuyển động cắt các đường sức từ nhưng không nối với hai thanh ray, thì trong đoạn dây đó vẫn xuất hiện suất điện động cảm ứng.

2. Quy tắc bàn tay phải

Ở thí nghiệm trên, khi đoạn dây *MN* chuyển động về bên trái thì dòng điện cảm ứng có chiều *MNPQM*. Do đó nếu coi đoạn dây đó như một nguồn điện thì *M* là cực âm, còn *N* là cực dương. Vậy ta có thể phát biểu quy tắc xác định các cực của nguồn điện đó như sau, gọi là *quy tắc bàn tay phải* :

Đặt bàn tay phải hứng các đường sức từ, ngón cái choãi ra 90° hướng theo chiều chuyển động của đoạn dây, khi đó đoạn dây dẫn đóng vai trò như một nguồn điện, chiều từ cổ tay đến bốn ngón tay chỉ chiều từ cực âm sang cực dương của nguồn điện đó (Hình 39.2).

Bài 39 (tiếp)

3. Biểu thức suất điện động cảm ứng trong đoạn dây

Trước hết, ta tạm thời coi đoạn dây chuyển động và luôn tiếp xúc điện với hai thanh ray như Hình 39.1. Trong trường hợp đó, suất điện động cảm ứng xuất hiện trong mạch được xác định theo công thức 38.2.

Nhưng như ta đã nói, suất điện động cảm ứng trong mạch đó chính là suất điện động trong đoạn dây chuyển động. Vì vậy, ta suy ra suất điện động cảm ứng trong đoạn dây chuyển động có độ lớn là :

$$|e_c| = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \quad (39.1)$$

Ở công thức này $\Delta\Phi$ có thể hiểu là từ thông được quét bởi đoạn dây đó trong thời gian Δt.

Trong trường hợp đơn giản, chẳng hạn chuyển động của đoạn dây MN trong thí nghiệm Hình 39.1 ($\vec{v}$ và $\vec{B}$ cùng vuông góc với MN, đồng thời $\vec{v}$ vuông góc với $\vec{B}$), thì

$$\Delta\Phi = BS = B(lv\Delta t)$$

trong đó l là độ dài và v là tốc độ của thanh MN.

Từ đó ta rút ra công thức :

$$|e_c| = Blv \quad (39.2)$$

Ta cũng có thể rút ra công thức (39.2) bằng cách xét lực tác dụng lên các êlectron trong thanh MN chuyển động.

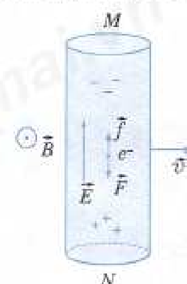
Trong đoạn dây MN có vô số êlectron tự do. Khi đoạn dây chuyển động thì các êlectron đó cũng chuyển động với cùng vận tốc $\vec{v}$ như đoạn dây.

Vì êlectron mang điện tích âm nên theo quy tắc bàn tay trái, ta thấy lực Lo-ren-xơ tác dụng lên êlectron có chiều $N \rightarrow M$. Do đó, đầu M của đoạn dây thừa êlectron, đầu N thiếu êlectron. Trong đoạn dây MN xuất hiện điện trường $\vec{E}$ (Hình 39.3). Ta gọi điện trường này là điện trường cảm ứng.

Lúc này ngoài lực Lo-ren-xơ $\vec{f}$, còn có lực điện trường cảm ứng $\vec{F}$ tác dụng lên êlectron. Hai lực này ngược chiều nhau. Sau khoảng thời gian rất ngắn, hai lực này cân bằng nhau. Từ lúc đó điện trường cảm ứng giữ giá trị ổn định.

Trong nhiều trường hợp ta cần phát biểu về chiều dòng điện cảm ứng được sinh ra trong đoạn dây chuyển động, nếu đoạn dây đó được nối thành mạch kín. Trong trường hợp đó ta cũng có thể dùng quy tắc bàn tay phải nói trên, bởi vì bên trong nguồn, chiều dòng điện là chiều từ cực âm sang cực dương. Vậy quy tắc có thể được phát biểu là :

Đặt bàn tay phải hứng các đường sức từ, ngón cái choãi ra 90° hướng theo chiều chuyển động của đoạn dây dẫn, khi đó chiều từ cổ tay đến bốn ngón kia chỉ chiều của dòng điện cảm ứng trong đoạn dây đó.

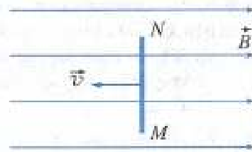


Hình 39.3 Để giải thích sự xuất hiện suất điện động cảm ứng trong đoạn dây MN.

Khi đoạn dây chuyển động, các êlectron tự do chuyển động về một đầu đoạn dây làm cho một đầu tích điện âm, đầu kia tích điện dương, trong đoạn dây xuất hiện điện trường cảm ứng.

Bài 39 (tiếp)

C1 Một thanh dẫn điện *MN* chuyển động dọc theo đường sức của từ trường đều như trên Hình 39.4 thì suất điện động trong thanh bằng bao nhiêu ?



Hình 39.4

Gọi E là cường độ điện trường cảm ứng khi đã ổn định thì có thể viết :

$$eE = eBv$$

e là độ lớn điện tích của êlectron.

Từ đó ta rút ra :

$$E = Bv$$

Gọi l là chiều dài của đoạn dây MN thì từ biểu thức (4.4) ta có thể viết :

$$U = El = lBv$$

Trong trường hợp mạch hở, độ lớn hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện bằng độ lớn suất điện động của nguồn. Từ đó rút ra công thức (39.2).

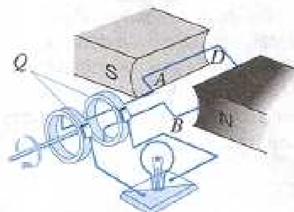
Trong một trường hợp riêng khác, $\vec{v}$ và $\vec{B}$ cùng vuông góc với đoạn dây, đồng thời $\vec{v}$ hợp với $\vec{B}$ một góc θ thì có thể chứng minh rằng độ lớn của suất điện động trong đoạn dây là :

$$|e_c| = Blv\sin\theta \qquad (39.3)$$

Ta đã nói đoạn dây dẫn chuyển động trong từ trường được coi như một nguồn điện. Khi đó lực Lo-ren-xơ tác dụng lên các êlectron đóng vai trò lực lạ tạo thành dòng điện.

4. Máy phát điện

• Máy phát điện là một ứng dụng quan trọng và quen thuộc của hiện tượng cảm ứng điện từ trong các đoạn dây chuyển động. Khi khung dây quay, các cạnh AD, BC cắt các đường sức (Hình 39.5). Vì vậy trong các đoạn dây đó xuất hiện suất điện động cảm ứng.



Hình 39.5 Nguyên tắc cấu tạo của máy phát điện xoay chiều.

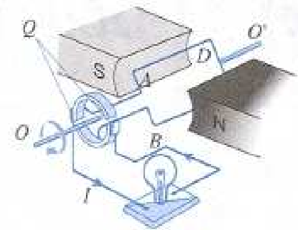
Hai đầu khung dây nối với hai vòng đồng, hai vòng đồng tiếp xúc với hai chổi quét Q. Mỗi chổi quét là một cực của máy phát điện.

Dòng điện đưa ra mạch ngoài là dòng điện có chiều thay đổi theo thời gian.

Vì vậy máy phát điện nói trên gọi là máy phát điện xoay chiều.

Bài 39 (tiếp)

• Máy phát điện một chiều có cấu tạo như trên Hình 39.6. Khi khung quay, trong khung xuất hiện suất điện động cảm ứng. Hai bán khuyên bằng đồng tiếp xúc với hai chổi quét Q. Mỗi chổi quét là một cực của máy. Dòng điện được đưa ra mạch ngoài có chiều không đổi.



Hình 39.6 Nguyên tắc cấu tạo của máy phát điện một chiều.

CÂU HỎI

1. Hãy thiết lập biểu thức xác định suất điện động cảm ứng trong đoạn dây dẫn chuyển động trong từ trường.
2. Hãy phát biểu quy tắc bàn tay phải.
3. Hãy nêu nguyên tắc, cấu tạo và hoạt động của máy phát điện.

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

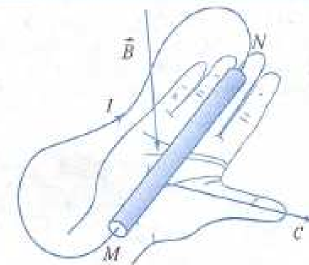
   Thanh dẫn điện MN trên Hình 39.7 chuyển động

   A. theo chiều c (nghĩa là theo chiều ngón cái của bàn tay phải choãi ra 90°).

   B. ngược chiều với c.

   C. theo chiều $\vec{B}$.

   D. ngược chiều $\vec{B}$.



Hình 39.7

2. Một thanh dẫn điện dài 20 cm tịnh tiến trong từ trường đều, cảm ứng từ $B = 5.10^{-4}$ T. Vectơ vận tốc của thanh vuông góc với vectơ cảm ứng từ và có độ lớn bằng 5 m/s. Tính suất điện động cảm ứng trong thanh.

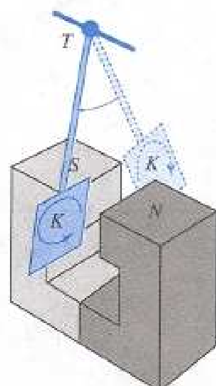
3. Một thanh dẫn điện dài 20 cm được nối hai đầu của nó với hai đầu của một đoạn mạch điện có điện trở 0,5 Ω. Cho thanh tịnh tiến trong từ trường đều cảm ứng từ B = 0,08 T với tốc độ 7 m/s. Hỏi số chỉ của ampe kế đặt trong mạch điện đó là bao nhiêu ? Cho biết vectơ vận tốc của thanh vuông góc với các đường sức từ và điện trở của thanh rất nhỏ.

4. Một thanh dẫn điện tịnh tiến trong từ trường đều, cảm ứng từ bằng 0,4 T. Vectơ vận tốc của thanh hợp với đường sức từ một góc 30^{0}. Thanh dài 40 cm. Một vôn kế nối với hai đầu thanh chỉ 0,2 V. Tính tốc độ của thanh.

Bài 40. Dòng điện Fu-cô

40 DÒNG ĐIỆN FU-CÔ

Trước đây, ta mới chỉ nói đến dòng điện cảm ứng được sinh ra trong các dây dẫn. Trong bài này ta sẽ nói về dòng điện cảm ứng được sinh ra trong vật dẫn dạng khối.



Hình 40.1 Thí nghiệm về dòng điện Fu-cô.

K là tấm kim loại liền khối được treo vào thanh *T*. Cho *K* dao động trong từ trường giữa hai cực của nam châm thì nó sẽ dừng lại khá nhanh.

1. Dòng điện Fu-cô

a) Thí nghiệm

Bố trí thí nghiệm như ở Hình 40.1.

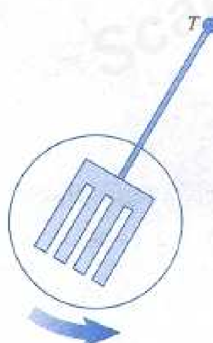
Cho tấm kim loại (đồng hay nhôm) dao động trong từ trường của nam châm. Ta thấy tấm kim loại chỉ dao động trong khoảng thời gian ngắn rồi dừng lại.

b) Giải thích

Khi tấm kim loại dao động, nó cắt các đường sức từ của nam châm. Do đó trong tấm kim loại sinh ra dòng điện cảm ứng.

Theo định luật Len-xơ, dòng điện cảm ứng trong tấm kim loại có tác dụng ngăn cản sự chuyển động của chính tấm kim loại đó. Vì vậy tấm kim loại dừng lại nhanh chóng.

Một khối vật dẫn đặt trong từ trường biến đổi theo thời gian, thì trong khối vật dẫn đó cũng sinh ra dòng điện cảm ứng. Đó là trường hợp dòng điện cảm ứng trong lõi của máy biến thế.



Hình 40.2 Cho tấm kim loại có rãnh xẻ dao động giữa hai cực của nam châm, nó sẽ dao động được lâu hơn.

Ta gọi **dòng điện cảm ứng được sinh ra ở trong khối vật dẫn khi vật dẫn chuyển động trong từ trường hay được đặt trong từ trường biến đổi theo thời gian là dòng điện Fu-cô.**

Đặc tính chung của các dòng điện Fu-cô là tính chất xoáy. Nói cách khác, các đường dòng của dòng Fu-cô là các đường cong kín trong khối vật dẫn. Thay tấm kim loại liền khối trong thí nghiệm Hình 40.1 bằng tấm kim loại có rãnh xẻ như Hình 40.2, thì thấy

Bài 40 (tiếp)

tấm kim loại này dao động lâu hơn, vì khi đó điện trở của tấm kim loại đối với dòng Fu-cô tăng, làm cho cường độ dòng Fu-cô giảm.

2. Tác dụng của dòng điện Fu-cô

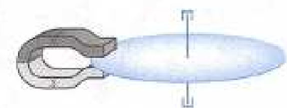
Trong một số trường hợp, dòng điện Fu-cô là cần thiết và có ích, trong một số trường hợp khác dòng điện Fu-cô lại có hại.

a) Một vài ví dụ ứng dụng dòng Fu-cô

Tác dụng gây ra lực hãm của dòng Fu-cô trong một số trường hợp là cần thiết. Người ta lợi dụng tác dụng này để hãm chuyển động, nhất là chuyển động quay của một bộ phận nào đó trong một số thiết bị máy móc hay dụng cụ. Chẳng hạn khi ta cân một vật bằng cân nhạy, thường là kim của cân dao động khá lâu. Để tránh tình trạng đó, người ta cho kim dao động giữa hai cực của một nam châm, dao động của kim sẽ tắt khá nhanh.

Người ta cũng sử dụng tác dụng hãm của dòng Fu-cô trong phanh điện từ ở các xe có tải trọng lớn.

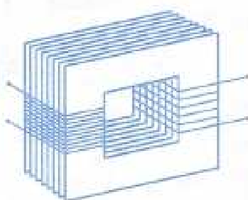
Công tơ điện dùng trong gia đình là một dụng cụ điện quen thuộc, trong đó dòng Fu-cô có vai trò cần thiết. Khi dòng điện qua cuộn dây trong công tơ, nó sẽ sinh ra momen làm cho đĩa kim loại của công tơ quay. Đĩa kim loại đặt giữa hai cực của một nam châm hình chữ *U* (Hình 40.3). Khi đĩa kim loại quay, sẽ sinh ra dòng điện Fu-cô trong đĩa. Dòng điện Fu-cô gây ra momen cản tác dụng lên đĩa. Khi cân bằng giữa momen quay và momen cản, thì đĩa quay đều. Khi ngắt dòng điện, mặc dù không còn momen quay tác dụng lên đĩa, nhưng đĩa vẫn tiếp tục quay vì quán tính. Khi đó dòng điện Fu-cô có tác dụng làm cho đĩa ngừng quay một cách nhanh chóng.



Hình 40.3 *Đĩa kim loại trong công tơ điện quay giữa hai cực một nam châm hình chữ U.*

b) Một vài ví dụ về trường hợp dòng Fu-cô có hại

Nhiều thiết bị điện có cấu tạo dưới dạng một lõi sắt đặt trong một ống dây có dòng điện xoay chiều



Hình 40.4 Lõi của máy biến thế gồm những lá thép silic ghép với nhau.

chạy qua. Lõi sắt này có tác dụng tăng cường từ trường. Dòng điện trong ống dây biến đổi theo thời gian nên trong lõi sắt xuất hiện dòng điện Fu-cô. Sự xuất hiện dòng điện Fu-cô trong trường hợp này là có hại. Thứ nhất là nhiệt toả ra do dòng Fu-cô sẽ làm cho lõi sắt bị nóng có thể làm hỏng máy. Thứ hai là dòng Fu-cô luôn luôn có xu hướng chống lại nguyên nhân đã gây ra nó. Trong trường hợp động cơ điện, nó chống lại sự quay của động cơ. Do đó, nó làm giảm công suất của động cơ.

Để giảm tác dụng có hại của dòng Fu-cô, người ta không dùng lõi sắt dưới dạng khối liền, mà dùng những lá thép silic mỏng có phủ lớp sơn cách điện ghép sát với nhau (Hình 40.4). Ngoài ra, những lá mỏng này lại được đặt song song với đường sức từ. Làm như vậy điện trở của lõi sắt đối với dòng Fu-cô tăng lên. Bằng cách đó, tuy ta không khử được triệt để dòng Fu-cô, nhưng cũng làm giảm cường độ của nó một cách đáng kể.

CÂU HỎI

1. Hãy nêu một vài ví dụ trong đó có dòng điện Fu-cô xuất hiện.
2. Kể thêm một vài ứng dụng của dòng điện Fu-cô.
3. Kể thêm một vài trường hợp dòng điện Fu-cô có hại. Trong những trường hợp đó người ta khắc phục bằng cách nào ?

BÀI TẬP

1. Chọn phát biểu **sai**.

   A. Một tấm kim loại dao động giữa hai cực một nam châm thì trong tấm kim loại xuất hiện dòng điện Fu-cô.

   B. Hiện tượng xuất hiện dòng điện Fu-cô thực chất là hiện tượng cảm ứng điện từ.

   C. Một tấm kim loại nối với hai cực một nguồn điện thì trong tấm kim loại xuất hiện dòng điện Fu-cô.

   D. Dòng điện Fu-cô trong lõi sắt của máy biến thế là dòng điện có hại.

Bài 41. Hiện tượng tự cảm

41 HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

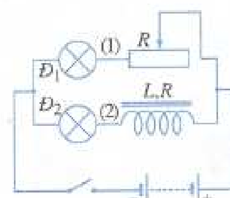
1. Hiện tượng tự cảm

a) Thí nghiệm 1

Bố trí thí nghiệm như sơ đồ ở Hình 41.1.

Khi đóng công tắc K ta nhận thấy bóng đèn $Đ_1$ sáng lên ngay, còn bóng đèn $Đ_2$ sáng lên từ từ mặc dù điện trở thuần của hai nhánh giống nhau.

Hiện tượng trên có thể giải thích như sau. Khi đóng công tắc, dòng điện trong cả hai nhánh đều tăng (lúc đầu $i = 0$, sau đó $i \neq 0$). Riêng trong nhánh (2) dòng điện tăng làm cho từ thông qua ống dây biến đổi, vì vậy xuất hiện dòng điện cảm ứng trong ống dây. Dòng điện cảm ứng có tác dụng chống lại nguyên nhân đã gây ra nó, nên dòng điện trong nhánh (2) không tăng lên nhanh chóng. Vì vậy bóng đèn $Đ_2$ sáng lên từ từ.



Hình 41.1 Thí nghiệm về hiện tượng tự cảm khi đóng mạch.

Hai bóng đèn $Đ_1$ và $Đ_2$ trong hai nhánh là giống nhau. Chọn điện trở R ở nhánh (1) bằng điện trở thuần của cuộn dây có lõi sắt ở nhánh (2).

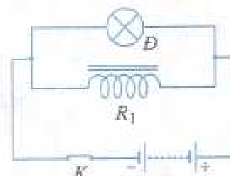
C1 Sau khi đóng khoá K ít lâu, độ sáng hai bóng đèn $Đ_1$ và $Đ_2$ trên Hình 41.1 có giống nhau không ? Giải thích tại sao ?

b) Thí nghiệm 2

Bố trí thí nghiệm như sơ đồ ở Hình 41.2.

Ngắt công tắc K. Ta nhận thấy bóng đèn không tắt ngay mà loé sáng lên rồi sau đó mới tắt.

Hiện tượng trên có thể giải thích như sau : Khi công tắc ngắt, dòng điện trong mạch giảm, làm cho từ thông qua ống dây biến đổi. Vì vậy trong ống dây cũng xuất hiện dòng điện cảm ứng. Theo định luật Len-xơ thì dòng điện cảm ứng cùng chiều với dòng điện trong mạch do nguồn gây ra, dòng điện này đi qua bóng đèn. Kết quả là bóng đèn loé sáng lên rồi sau đó mới tắt.



Hình 41.2 Thí nghiệm về hiện tượng tự cảm khi ngắt mạch.

Các hiện tượng trên đây đều là các hiện tượng cảm ứng điện từ. Nhưng nguyên nhân dẫn đến các hiện tượng đó lại chính là sự biến đổi của dòng điện trong mạch ta đang khảo sát.

Bài 41 (tiếp)

Hiện tượng cảm ứng điện từ trong một mạch điện do chính sự biến đổi của dòng điện trong mạch đó gây ra gọi là hiện tượng tự cảm.

Hiện tượng tự cảm trong thí nghiệm 1 là hiện tượng tự cảm khi đóng mạch, còn trong thí nghiệm 2 là hiện tượng tự cảm khi ngắt mạch.

2. Suất điện động tự cảm

a) Hệ số tự cảm

Suất điện động xuất hiện do hiện tượng tự cảm gọi là *suất điện động tự cảm*. Để thành lập công thức tính suất điện động tự cảm, ta cần thành lập công thức tính từ thông Φ của từ trường do dòng điện gây ra trong mạch.

Xét một mạch điện có dòng điện i chạy qua. Từ thông qua diện tích của mạch tỉ lệ với từ trường do dòng điện sinh ra. Từ trường này lại tỉ lệ với cường độ dòng điện. Vậy từ thông qua diện tích giới hạn bởi mạch điện tỉ lệ với cường độ dòng điện trong mạch đó :

$$\Phi = Li \qquad (41.1)$$

Hệ số tỉ lệ L trong công thức (41.1) gọi là *hệ số tự cảm (hay độ tự cảm)* của mạch điện.

Trong hệ SI, đơn vị của hệ số tự cảm là henri, kí hiệu là H.

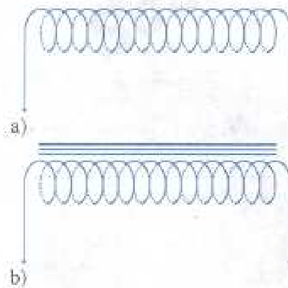
Biểu thức tính hệ số tự cảm của một ống dây dài đặt trong không khí là :

$$L = 4\pi.10^{-7}n^2V \qquad (41.2)$$

trong đó n là số vòng dây trên một đơn vị chiều dài của ống, V là thể tích của ống.

C2 Hãy thành lập công thức (41.2).
Hướng dẫn. Sử dụng các công thức (41.1) và (29.3).

C3 Có thể áp dụng công thức (41.2) cho ống dây ở Hình 41.3a, hay ống dây ở Hình 41.3b, hoặc cả hai ống dây được không ?



Hình 41.3 Cuộn dây.
a) Không có lõi sắt.
b) Có lõi sắt.

b) Suất điện động tự cảm

Suất điện động được sinh ra do hiện tượng tự cảm gọi là suất điện động tự cảm.

Hệ số tự cảm của một mạch điện (không có lõi sắt từ) là đại lượng không đổi. Do đó, có thể viết

$$\Delta\Phi = L\Delta i$$

Thay biểu thức vừa viết vào (38.2), ta suy ra công thức xác định suất điện động tự cảm sau :

$$e_{tc} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (41.3)$$

CÂU HỎI

1. Hãy nêu một vài ví dụ về hiện tượng tự cảm.
2. Hãy phát biểu định nghĩa hệ số tự cảm (độ tự cảm).
3. Hãy viết biểu thức xác định suất điện động tự cảm.
4. Hãy viết biểu thức tính hệ số tự cảm của ống dây dài.

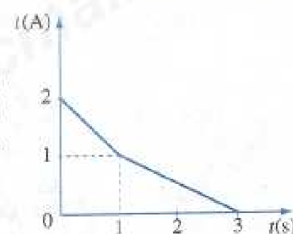
BÀI TẬP

Chọn phương án đúng.

1. Sự biến đổi của dòng điện trong một mạch điện theo thời gian được cho trên Hình 41.4. Gọi suất điện động tự cảm trong khoảng thời gian từ 0 s đến 1 s là e_1, từ 1 s đến 3 s là e_2. Ta có :

   A. $e_1 = e_2$. B. $e_1 = 2e_2$.

   C. $e_1 = 3e_2$. D. $e_1 = \frac{1}{2}e_2$.



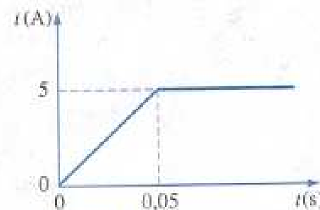
Hình 41.4

2. Tính hệ số tự cảm của một ống dây dài 50 cm, diện tích tiết diện ngang của ống là 10 cm^2. Cho biết ống dây có 1000 vòng dây.

3. Một ống dây dài được quấn với mật độ 2000 vòng/m. Ống có thể tích 500 cm^3. Ống dây được mắc vào một mạch điện. Sau khi đóng công tắc, dòng điện trong ống biến đổi theo thời gian như đồ thị trên Hình 41.5. Lúc đóng công tắc ứng với thời điểm $t = 0$. Tính suất điện động tự cảm trong ống :

   a) Từ sau khi đóng công tắc đến thời điểm $t = 0,05$ s.

   b) Từ thời điểm $t = 0,05$ s về sau.



Hình 41.5

Bài 42. Năng lượng từ trường

42 NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

1. Năng lượng của ống dây có dòng điện

a) Nhận xét

Thí nghiệm 2 trong bài 41 nói trên cho thấy sau khi ta ngắt công tắc, bóng đèn vẫn còn sáng trong một khoảng thời gian. Năng lượng làm cho bóng đèn sáng không phải do nguồn mà là do ống dây cung cấp. Năng lượng này được tích trữ trong ống dây từ trước khi ngắt công tắc.

b) Công thức tính năng lượng của ống dây có dòng điện

Người ta chứng minh rằng, khi có dòng điện cường độ i chạy qua ống dây có hệ số tự cảm L thì năng lượng trong ống dây là :

$$W = \frac{1}{2}Li^2 \qquad (42.1)$$

2. Năng lượng từ trường

C1 Hãy rút ra công thức (42.2).

C2 So sánh các công thức tính mật độ năng lượng điện trường (8.4) và công thức mật độ năng lượng từ trường (42.3), ta nhận thấy có sự tương tự gì đáng chú ý ?

Khi cho dòng điện chạy qua ống dây thì trong ống dây có từ trường. Vì vậy, người ta quan niệm rằng năng lượng của ống dây chính là năng lượng của từ trường trong ống dây đó.

Ta xét trường hợp của một ống dây dài. Cảm ứng từ bên trong ống dây được xác định theo công thức (29.3). Sử dụng công thức (41.2) và công thức (42.1), ta thu được :

$$W = \frac{1}{8\pi}10^7 B^2 V \qquad (42.2)$$

Từ trường trong ống dây là từ trường đều, nên nếu gọi w là *mật độ năng lượng từ trường* thì có thể viết $W = wV$. Do đó, ta tìm được :

$$w = \frac{1}{8\pi}10^7 B^2 \qquad (42.3)$$

Công thức (42.3) đúng cả cho trường hợp từ trường không đều và từ trường phụ thuộc thời gian.

Bài 42 (tiếp)

CÂU HỎI

1. Hãy viết biểu thức xác định năng lượng của từ trường trong một ống dây dài.
2. Hãy viết biểu thức xác định mật độ năng lượng từ trường.

BÀI TẬP

1. Chọn đáp số đúng.

   Một ống dây có hệ số tự cảm bằng 0,01 H. Khi có dòng điện chạy qua, ống dây có năng lượng 0,08 J. Cường độ dòng điện trong ống dây bằng :

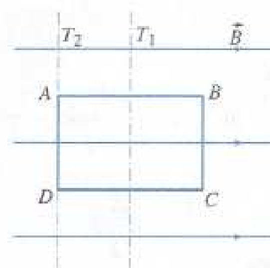
   A. 1 A.　　　　B. 2 A.

   C. 3 A.　　　　D. 4 A.

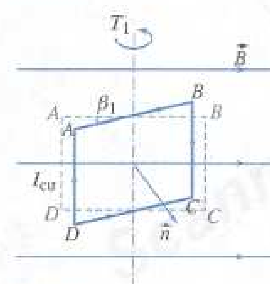
2. Một ống dây dài 40 cm có tất cả 800 vòng dây. Diện tích tiết diện ngang của ống dây bằng 10 cm^2. Cường độ dòng điện qua ống tăng từ 0 đến 4 A. Hỏi nguồn điện đã cung cấp cho ống dây một năng lượng bằng bao nhiêu ? Điện trở của ống dây rất nhỏ, có thể bỏ qua.

Bài 43. Bài tập về cảm ứng điện từ

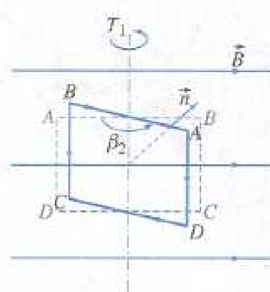
43 BÀI TẬP VỀ CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ



Hình 43.1



Hình 43.2



Hình 43.3

1. Cho khung dây dẫn $ABCD$, $AB = 6$ cm, $BC = 4$ cm. Khung có thể quay xung quanh một trong hai trục thẳng đứng T_1, T_2 ; T_1 qua hai trung điểm của hai cạnh AB, DC ; T_2 qua hai đỉnh A, D của khung (Hình 43.1). Khung quay trong từ trường đều, các đường sức là các đường nằm ngang có chiều như trên vẽ.

a) Gọi vị trí của khung như Hình 43.1 (mặt phẳng khung dây chứa các đường sức từ) là vị trí ban đầu. Dòng điện cảm ứng trong khung khi khung quay xung quanh trục T_1 được một nửa vòng kể từ vị trí ban đầu có chiều như thế nào ? Cũng câu hỏi như thế đối với trường hợp trục quay là T_2. Nhìn từ trên xuống, trong cả hai trường hợp đều thấy khung quay theo chiều ngược chiều quay của kim đồng hồ.

b) Tốc độ góc ω của khung khi khung quay quanh T_1 và T_2 đều như nhau. Hỏi cường độ lớn nhất của dòng điện cảm ứng qua khung trong hai trường hợp nói trên bằng bao nhiêu ? Cho biết : $B = 0,05$ T, tốc độ góc là 10 vòng/giây, điện trở của khung là $R = 0,1\ \Omega$.

Bài giải

a) • Trường hợp khung quay xung quanh trục T_1.

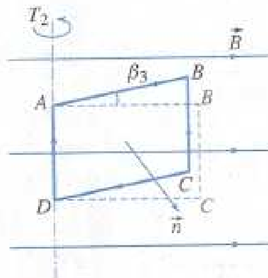
Giả sử khung mới lệch ra khỏi vị trí ban đầu một góc $\beta_1 < \frac{\pi}{2}$ như trên Hình 43.2. Lúc này từ thông qua khung tăng dần. Vì vậy, theo định luật Len-xơ dòng điện cảm ứng trong khung phải có chiều $ABCDA$ (Hình 43.2).

Khi khung quay đã lệch ra khỏi vị trí ban đầu góc $\beta_2 > \frac{\pi}{2}$ thì từ thông qua khung giảm dần. Vì vậy theo định luật Len-xơ dòng điện cảm ứng trong khung phải có chiều $ADCBA$ (Hình 43.3).

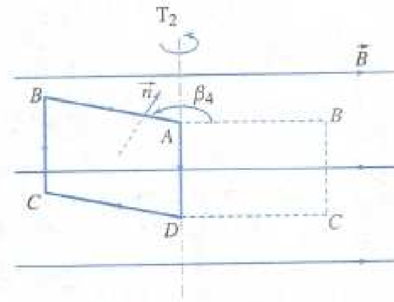
• Trường hợp khung quay quanh trục T_2.

Bài 43 (tiếp)

Theo định luật Len-xơ ta tìm được chiều dòng điện cảm ứng như trên Hình 43.4 và 43.5.



Hình 43.4



Hình 43.5

Chú ý : Ta cũng có thể tìm được chiều của dòng điện cảm ứng trong khung bằng cách áp dụng quy tắc bàn tay phải đối với các đoạn dây dẫn BC, AD.

Chẳng hạn áp dụng quy tắc bàn tay phải đối với đoạn dây dẫn BC trên Hình 43.2 thì đầu B đóng vai trò cực âm, đầu C đóng vai trò cực dương. Do đó, dòng điện đi ra khỏi đoạn dây từ C và đi vào ở B.

Tương tự như vậy đối với các Hình 43.3, 43.4, 43.5.

b) Từ thông qua khung dây trong cả hai trường hợp (khung quay quanh T_1 và T_2) đều có thể viết dưới dạng :

$$\Phi = BS\cos\alpha$$

α là góc hợp bởi vectơ pháp tuyến $\vec{n}$ với mặt phẳng khung dây và vectơ $\vec{B}$.

Khi khung quay từ thời điểm t đến thời điểm $t + \Delta t$ thì độ biến thiên của từ thông là

$$\Delta\Phi = BS\,[\cos(\alpha + \Delta\alpha) - \cos\alpha]$$
$$= -2BS\sin\left(\alpha + \frac{\Delta\alpha}{2}\right)\sin\frac{\Delta\alpha}{2}$$

Coi Δt rất nhỏ thì $\Delta\alpha$ cũng rất nhỏ, vì vậy có thể viết

$$\Delta\Phi = -2BS(\sin\alpha)\left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right) = -BS\Delta\alpha\sin\alpha$$

Bài 43 (tiếp)

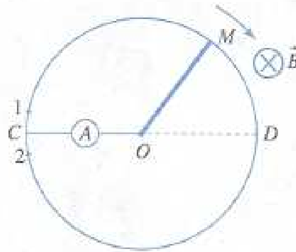
Từ đó có thể rút ra biểu thức xác định suất điện động cảm ứng trong khung :

$$e_c = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = BS\frac{\Delta\alpha}{\Delta t}\sin\alpha = BS\omega\sin\alpha$$

Theo điều kiện đã cho ta hiểu khung quay đều quanh trục quay, vì vậy $\frac{\Delta\alpha}{\Delta t} = \omega$.

Từ biểu thức vừa tìm được, ta rút ra suất điện động cảm ứng lớn nhất trong khung bằng $BS\omega$. Do đó, cường độ dòng điện cảm ứng lớn nhất qua khung là :

$$i = \frac{BS\omega}{R} = \frac{0,05.24.10^{-4}.2.3,14.10}{0,1} = 0,075 \text{ A}$$



Hình 43.6

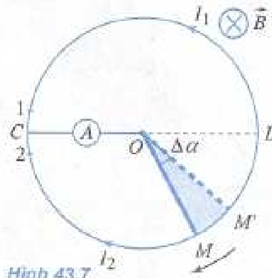
2. Một khung dây dẫn tròn tâm O đặt trong từ trường đều $B = 0,005$ T, đường sức từ vuông góc với mặt phẳng khung dây. Thanh kim loại OM dài $l = 50$ cm, quay quanh điểm O và đầu M của thanh luôn luôn tiếp xúc với khung dây.

Điểm C của khung dây được nối với đầu O của thanh kim loại qua một ampe kế. Chiều quay của thanh kim loại OM và chiều của đường sức từ được chỉ rõ trên Hình 43.6.

a) Hãy chỉ ra chiều dòng điện cảm ứng qua các đoạn dây dẫn $C1M$ và $M2C$.

b) Sợi dây dẫn làm khung có tiết diện như nhau và có điện trở $R = 0,05$ Ω. Hỏi khi thanh kim loại OM quay từ điểm 1 đến điểm 2 thì số chỉ của ampe kế thay đổi như thế nào ? Hỏi số chỉ của ampe kế khi đầu M của thanh đi qua điểm D ?

Cho biết thanh OM quay đều với tốc độ góc là 2 vòng/giây.



Hình 43.7

Bài giải

a) Khi thanh kim loại quay thì thanh kim loại đóng vai trò như một nguồn điện.

Theo quy tắc bàn tay phải ta xác định được đầu O của thanh là cực âm, đầu M là cực dương của nguồn điện đó. Do đó các dòng điện i_1, i_2 có chiều như đã chỉ ra trên Hình 43.7.

Bài 43 (tiếp)

b) Giả sử thanh OM quay được một góc nhỏ $\Delta\alpha$. Khi đó thanh OM đã quét được một diện tích bằng diện tích được tô màu xanh trên Hình 43.7. Vì $\Delta\alpha$ nhỏ nên cung tròn MM' cũng nhỏ. Do đó ta có thể coi hình $OM'M$ là hình tam giác. Diện tích hình tam giác đó là $\frac{1}{2}l(l\Delta\alpha) = \frac{1}{2}l^2\Delta\alpha$.

Từ thông mà thanh OM đã quét được tương ứng với diện tích đó là :

$$\Delta\Phi = B.\frac{1}{2}l^2\Delta\alpha$$

Theo (39.1) ta rút ra suất điện động cảm ứng trong thanh OM có độ lớn bằng :

$$e_c = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{1}{2}Bl^2\frac{\Delta\alpha}{\Delta t}$$

Vì thanh OM quay đều nên $\frac{\Delta\alpha}{\Delta t} = \omega$. Do đó $e_c = \frac{1}{2}Bl^2\omega$.

Gọi cung $C1M$ là β thì cung $M2C$ bằng $2\pi - \beta$.

Gọi R_1 là điện trở đoạn dây $C1M$ và R_2 là điện trở đoạn dây $C2M$.

$$R_1 = \frac{R}{2\pi}\beta, \quad R_2 = \frac{R}{2\pi}(2\pi - \beta)$$

$$i_1 = \frac{e_c}{R_1}\ ;\ i_2 = \frac{e_c}{R_2}$$

Cường độ dòng điện qua ampe kế là :

$$i = \frac{e_c}{R_1} + \frac{e_c}{R_2} = \frac{4\pi^2 e_c}{R\beta(2\pi - \beta)}$$

Khi đầu M của thanh kim loại gần điểm 1 thì β rất nhỏ, gần điểm 2 thì $(2\pi - \beta)$ cũng rất nhỏ, khi đó i rất lớn. Do tính chất đối xứng của khung dây nên ta có thể suy luận ra rằng khi đầu M tiến đến gần D thì i giảm dần, ra xa D thì i tăng dần. Vậy khi M đến đúng điểm D thì i cực tiểu. Khi đó $\beta = \pi$. Do đó ta có :

$$i_{ct} = \frac{4\pi^2 e_c}{R\pi^2} = \frac{4e_c}{R}$$

$$= \frac{2Bl^2\omega}{R} = \frac{2.0,005.(0,5)^2.4.3,14}{0,05} = 0,63\text{ A}.$$

3. Một ống dây dài 40 cm, đường kính 4 cm có 400 vòng dây quấn sát nhau. Ống dây mang dòng điện cường độ $I = 1$ A.

a) Hãy tính cảm ứng từ và năng lượng từ trường trong ống dây.

b) Tính từ thông qua ống dây.

c) Bây giờ ngắt ống dây khỏi nguồn điện. Hãy tính suất điện động cảm ứng trong ống dây. Coi rằng từ thông qua ống dây giảm đều từ giá trị ban đầu đến 0 trong khoảng thời gian 0,01 s.

Bài giải

a) Áp dụng công thức (29.3), trong đó $n = \frac{400}{40}.100 = 1000$, ta tính được :

$$B = 4\pi.10^{-7}nI = 4\pi.10^{-7}.1000.1$$
$$= 4.3,14.10^{-4} = 0,00126 \text{ T.}$$

Năng lượng từ trường trong ống dây được tính theo công thức (42.2) :

$$W = \frac{1}{8\pi}10^{7}(4\pi.10^{-4})^{2} \text{ V}$$
$$= 2\pi.10^{-1}\pi 4.10^{-4}.0,4$$
$$= 3,2.(3,14)^{2}.10^{-5} = 31,6.10^{-5} \text{ J.}$$

b) Từ thông qua ống dây :

$$\Phi = 400.B.\pi R^{2}$$
$$= 400.4\pi.10^{-4}.\pi.4.10^{-4}$$
$$= 64.(3,14)^{2}.10^{-6} = 632.10^{-6} \text{ Wb.}$$

c) Từ thông giảm đều từ giá trị 632.10^{-6} Wb đến 0 trong khoảng thời gian 0,01 s nên suất điện động cảm ứng từ trong ống dây có độ lớn là :

$$e_c = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{632.10^{-6}}{0,01} = 0,063 \text{ V.}$$

Bài đọc thêm: Một số mốc thời gian đáng lưu ý trong lĩnh vực điện từ

 BÀI ĐỌC THÊM

MỘT SỐ MỐC THỜI GIAN ĐÁNG LƯU Ý TRONG LĨNH VỰC ĐIỆN TỪ

Con người đã biết đến những hiện tượng điện và từ từ rất sớm. Tuy nhiên những hiểu biết lúc đó còn rất thô sơ và rời rạc. Cột mốc có ý nghĩa quan trọng đầu tiên là năm 1600.



Năm 1600, Gin-bơt (William Gilbert, nhà vật lí người Anh) công bố một công trình với tiêu đề "Luận về nam châm, các vật từ và về nam châm khổng lồ là Trái Đất". Trong công trình đó ông đã tổng kết những hiểu biết của con người về điện và từ từ trước cho đến lúc bấy giờ.



Năm 1785, Cu-lông (Charles Coulomb, 1736 – 1806, nhà vật lí người Pháp), bằng chiếc cân xoắn, phát hiện ra định luật tương tác của các điện tích điểm.



Năm 1786, Gan-va-ni (Luigi Galvani, 1737 – 1798, nhà giải phẫu học người I-ta-li-a) cho điện ở chai Lây-đen phóng qua đùi ếch, ông nhận thấy đùi ếch có những co bóp đặc biệt. Có thể coi thí nghiệm đó như một sự phát hiện ra sự tồn tại của dòng điện và tác dụng sinh lí của dòng điện.



Năm 1800, Vôn-ta (Alessandro Volta, 1745 – 1827, nhà vật lí người I-ta-li-a) chế tạo được chiếc pin đầu tiên của loài người. Chiếc pin đó là một chồng các vòng bạc và kẽm xen kẽ nhau và phân cách nhau bằng các lớp vải tẩm dung dịch axit. Chiếc pin đó có khả năng "phóng điện" liên tục, làm cho Hội Hoàng gia Luân Đôn và Viện Hàn lâm Pa-ri rất thán phục. Vì phát minh này mà Na-pô-lê-ông (Bônapac) đã phong cho Vôn-ta tước hiệu Bá tước.

Bài đọc thêm (tiếp)



Năm 1820, Ơ-xtét (Hans Christian Oersted, 1777–1851, nhà vật lí người Đan mạch) phát hiện ra tác dụng từ của dòng điện. Phát hiện này đã tạo ra một bước ngoặt trong lịch sử nghiên cứu điện từ.



Năm 1820 – 1822, ngay sau phát minh của Ơ-xtét, Am-pe (André – Marie Ampère, 1775 – 1836, nhà vật lí người Pháp) nêu lên định luật về tác dụng của từ trường lên dòng điện và về tương tác giữa hai dòng điện.



Năm 1820, cũng ngay sau phát minh của Ơ-xtét, Bi-ô (Jean Baptiste Biot, 1774 – 1862 nhà vật lí người Pháp) (ảnh bên) và Xa-va (Félix Savart, 1791–1841, nhà vật lí người Pháp) xác định được từ trường của dòng điện thẳng.



Năm 1827, Ôm (Georg Simon Ohm, 1789 – 1854, nhà vật lí người Đức) phát biểu định luật cơ bản về liên hệ giữa dòng điện và hiệu điện thế, đó là định luật Ôm.



Năm 1831, Fa-ra-đây (Michael Faraday, 1791 – 1867, nhà vật lí người Anh) phát minh ra hiện tượng cảm ứng điện từ.

Bài đọc thêm (tiếp)

Năm 1832, Hen-ri (Joseph Henry, 1797 – 1878, nhà vật lí người Mĩ) phát hiện ra hiện tượng tự cảm.



Năm 1833, Len-xơ (Heinrich Friedrich Emil Lenz, 1804 – 1865, nhà vật lí người Nga) phát hiện ra quy tắc xác định chiều của dòng điện cảm ứng.

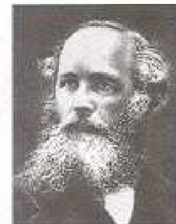
Cũng trong năm 1833, Fa-ra-đây thiết lập định luật cơ bản của điện phân.



Năm 1841, Jun (James Prescott Joule, 1818 – 1889, nhà vật lí người Anh) phát hiện ra tác dụng nhiệt của dòng điện.



Năm 1860 – 1865, Mắc-xoen (James Clerk Maxwell, 1831 – 1879, nhà vật lí người Anh) công bố những công trình về lí thuyết trường điện từ. Đó là lí thuyết tổng quát trong lĩnh vực này.



Tóm tắt chương V

TÓM TẮT CHƯƠNG V

1. Từ thông qua diện tích S : $\Phi = BS\cos\alpha$.

2. Suất điện động cảm ứng trong mạch điện kín :

$$e_c = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

• Độ lớn suất điện động cảm ứng trong một đoạn dây chuyển động :

$$e_c = Blv\sin\theta$$

• Suất điện động tự cảm :

$$e_{tc} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

3. Năng lượng từ trường trong ống dây :

$$W = \frac{1}{2}Li^2$$

4. Mật độ năng lượng từ trường :

$$w = \frac{1}{8\pi}10^7 B^2$$

PHẦN HAI

QUANG HÌNH HỌC



Ảnh Tháp Rùa trên mặt nước Hồ Gươm được tạo thành do hiện tượng phản xạ ánh sáng.

Quang học là ngành học về các hiện tượng liên quan tới ánh sáng, các định luật quang học và các dụng cụ quang học được sử dụng nhiều trong khoa học và đời sống. Chương trình quang học lớp 11 chỉ đề cập tới phần quang hình học, trong đó dùng phương pháp hình học để lí giải các hiện tượng quang học.

Lí thuyết Quang hình học đã giải thích thành công các hiện tượng như phản xạ và khúc xạ ánh sáng. Tuy nhiên, để nghiên cứu một số hiện tượng khác như giao thoa, nhiễu xạ ánh sáng... không thể dùng lí thuyết này, mà ta phải dùng lí thuyết quang học sóng, trong đó xét ánh sáng như một sóng.

Vào cuối thế kỉ XIX và đầu thế kỉ XX, việc phát hiện ra các hiệu ứng quang điện và Com-tơn dẫn đến sự ra đời lí thuyết phôtôn về ánh sáng, coi ánh sáng gồm những hạt gọi là phôtôn. Lí thuyết phôtôn và quang sóng sẽ được trình bày trong chương trình vật lí lớp 12.

Mục lục phần hai

QUANG HÌNH HỌC

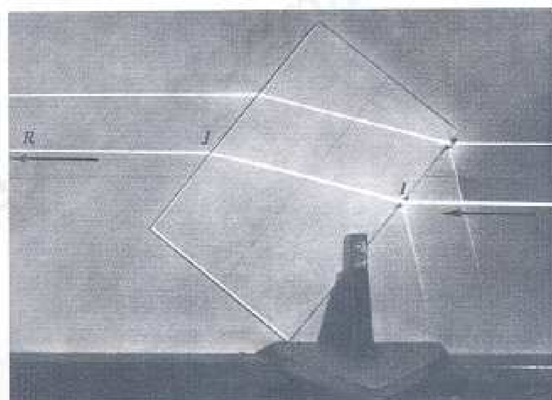
KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

MẮT. CÁC DỤNG CỤ QUANG

Chương VI. KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

CHƯƠNG VI

Khúc xạ ánh sáng



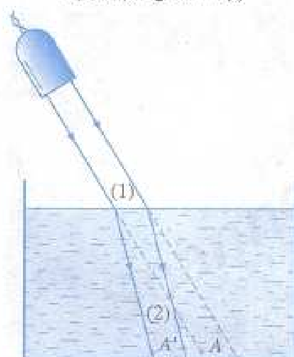
Chương này trình bày về hiện tượng khúc xạ ánh sáng khi một chùm tia sáng đi qua một mặt phân cách hai môi trường truyền ánh sáng, trong đó, trọng tâm là định luật Snen – Đề-các, đồng thời đề cập tới các khái niệm về chiết suất tỉ đối và chiết suất tuyệt đối của môi trường, và trình bày về nguyên lí thuận nghịch trong sự truyền ánh sáng.

Bài 44. Khúc xạ ánh sáng

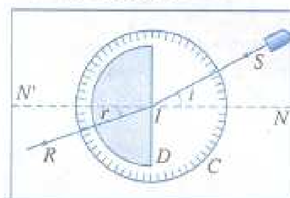
44 KHÚC XẠ ÁNH SÁNG



ĐỀ-CÁC
(René Descartes 1596 – 1650, nhà triết học, toán học, vật lí học người Pháp)



Hình 44.1 *Chùm sáng bị gãy khúc khi đi vào trong nước.*



Hình 44.2 *Sơ đồ thí nghiệm khảo sát hiện tượng khúc xạ ánh sáng.*

1. Định nghĩa hiện tượng khúc xạ ánh sáng

Khúc xạ là hiện tượng chùm tia sáng bị đổi phương đột ngột khi đi qua mặt phân cách hai môi trường truyền ánh sáng.

Trong Hình 44.1 chùm tia sáng (1) được gọi là *chùm tia tới*. Chùm tia sáng (2) gọi là chùm *tia khúc xạ*.

Hệ hai môi trường truyền sáng phân cách bằng mặt phẳng được gọi là *lưỡng chất phẳng*. Mặt phân cách hai môi trường là *mặt lưỡng chất*.

2. Định luật khúc xạ ánh sáng

a) Thí nghiệm

Trên một tấm kính mờ, đặt một bản bán trụ *D* bằng chất rắn trong suốt, ví dụ bằng thuỷ tinh. Trên tấm kính có một vòng tròn chia độ *C* (Hình 44.2).

Chiếu một tia sáng SI (điểm tới *I* là tâm của bán trụ) là là trên mặt phẳng tấm kính, đường đi của ánh sáng có thể quan sát trên mặt phẳng này. Thí nghiệm cho thấy có tia khúc xạ đi trong khối bán trụ thuỷ tinh. Gọi tia khúc xạ đó là *IR*.

Gọi NN' là pháp tuyến tại *I* của mặt lưỡng chất.

Góc $\widehat{SIN}$ được gọi là *góc tới i*.

Góc $\widehat{RIN'}$ được gọi là *góc khúc xạ r*.

Mặt phẳng làm bởi tia tới với pháp tuyến được gọi là *mặt phẳng tới*.

Thực hiện thí nghiệm nhiều lần với các góc tới *i* khác nhau và đo các góc khúc xạ *r* tương ứng. Lập tỉ số giữa sin*i* và sin*r* của các lần đo khác nhau, ta được cùng một kết quả (xem Bảng 44.1) (sự sai khác giữa các kết quả này rất nhỏ, do sai số trong các phép đo).

Bài 44 (tiếp)

b) Định luật

Từ thí nghiệm trên, ta rút ra *định luật khúc xạ ánh sáng* (còn gọi là định luật Snen – Đề-các).

Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới.

Tia tới và tia khúc xạ nằm ở hai bên pháp tuyến tại điểm tới.

Đối với hai môi trường trong suốt nhất định, tỉ số giữa sin của góc tới và sin của góc khúc xạ là một hằng số :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \qquad (44.1)$$

Hằng số n tuỳ thuộc môi trường khúc xạ (môi trường chứa tia khúc xạ) và môi trường tới (môi trường chứa tia tới).

Ta có thể viết công thức trên dưới dạng

$$\sin i = n \sin r \qquad (44.2)$$

• Nếu $n > 1$ (ta nói môi trường khúc xạ *chiết quang hơn* môi trường tới) thì $\sin i > \sin r$ hay $i > r$. Trong trường hợp này, khi đi qua mặt phân cách, tia sáng khúc xạ đi gần pháp tuyến hơn tia tới (Hình 44.3a).

• Nếu $n < 1$ (ta nói môi trường khúc xạ *chiết quang kém* môi trường tới) thì $\sin i < \sin r$ hay $i < r$. Trong trường hợp này, khi đi qua mặt phân cách, tia khúc xạ đi xa pháp tuyến hơn tia tới (Hình 44.3b).

3. Chiết suất của môi trường

a) Chiết suất tỉ đối

Trong biểu thức của định luật khúc xạ (44.1), n là chiết suất tỉ đối của môi trường 2 (môi trường khúc xạ) đối với môi trường 1 (môi trường tới).

Trong lí thuyết về ánh sáng, chiết suất tỉ đối này bằng tỉ số giữa các tốc độ v_1 và v_2 của ánh sáng khi đi trong môi trường 1 và trong môi trường 2.

$$n \equiv n_{21} = \frac{v_1}{v_2} \qquad (44.3)$$

b) Chiết suất tuyệt đối

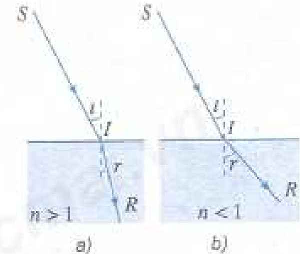
Chiết suất tuyệt đối của một môi trường là chiết suất tỉ đối của môi trường đó đối với chân không.

Bảng 44.1

i	20^0	30^0	50^0	70^0
r	13^0	$19{,}5^0$	31^0	39^0
$\frac{\sin i}{\sin r}$	1,52	1,50	1,49	1,49

Nếu góc i có giá trị bé ($< 10^0$), thì r cũng có giá trị bé. Khi đó : $\sin i \approx i$, $\sin r \approx r$.

Ta có : $i \approx nr$.



Hình 44.3

Tốc độ truyền của ánh sáng trong nước là :

$v_1 = 225\,000$ km/s

Tốc độ của ánh sáng trong thuỷ tinh là :

$v_2 = 200\,000$ km/s

Do đó chiết suất tỉ đối của thuỷ tinh đối với nước là :

$$n = \frac{225\,000}{200\,000} \approx 1{,}125$$

Trong chân không, tốc độ truyền ánh sáng là $c \approx 300\,000$ km/s.

Vậy, chiết suất tuyệt đối của nước là :

$$n_1 = \frac{c}{v_1} = \frac{300\,000}{225\,000} = \frac{4}{3} = 1{,}33$$

Chiết suất tuyệt đối của thuỷ tinh là :

$$n_2 = \frac{c}{v_2} = \frac{300\,000}{200\,000} = \frac{3}{2} = 1{,}5$$

Bài 44 (tiếp)

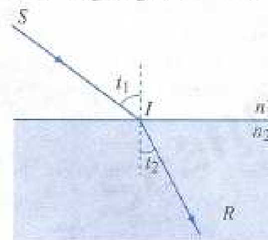
C1 Khi một tia sáng đi từ môi trường này sang môi trường khác, chiết suất tỉ đối của hai môi trường cho ta biết gì về đường đi của tia sáng đó ?

Bảng 44.2

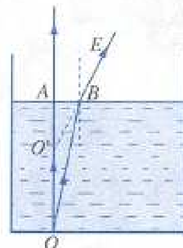
Chiết suất tuyệt đối của một số chất

Môi trường vật chất	n
Thuỷ tinh thường	1,52
Pha lê	1,6 → 1,8
Kim cương	2,42
Nước	1,33
Rượu êtylic	1,3
Benzen	1,5
Cacbon sunfua	1,63
Không khí	1,000293
Khí cacbonic	1,00045
Khí hiđrô	1,00014

Chiết suất của môi trường tuỳ thuộc màu sắc của ánh sáng. Các giá trị trong bảng trên thu được khi đo với ánh sáng vàng của đèn natri.



Hình 44.4



Hình 44.5 Ảnh của một điểm sáng O ở đáy của một cốc nước.

Theo định nghĩa này, chiết suất của môi trường 1 và môi trường 2 lần lượt là :

$$n_1 = \frac{c}{v_1}, \quad n_2 = \frac{c}{v_2}$$

Nhận xét

Vì tốc độ của ánh sáng truyền đi trong các môi trường bao giờ cũng nhỏ hơn tốc độ ánh sáng trong chân không ($v < c$), nên *chiết suất tuyệt đối của mọi chất đều lớn hơn 1.*

Suy ra :

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (44.4)$$

$$\sin i = n \sin r = n_{21}.\sin r = \frac{n_2}{n_1}\sin r$$

Do đó, nếu đặt $i = i_1$ và $r = i_2$ (Hình 44.4) định luật khúc xạ có thể được viết dưới dạng đối xứng sau :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \qquad (44.5)$$

Chú thích : Thông thường khi nói "chiết suất môi trường là n..." ta hiểu đây là chiết suất tuyệt đối. Nếu đề cập tới chiết suất tỉ đối thì phải nói rõ.

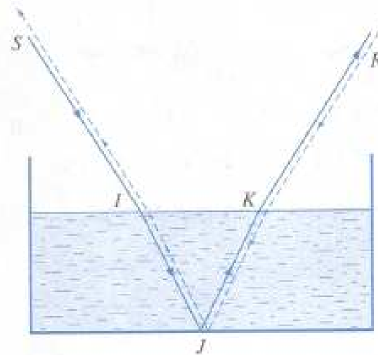
4. Ảnh của một vật được tạo bởi sự khúc xạ ánh sáng qua mặt phân cách hai môi trường

Xét điểm O nằm ở đáy một cốc nước. Ta chú ý hai tia tới OA, OB ; OA vuông góc với mặt nước, đồng thời B rất gần A. Nếu kéo dài các tia của chùm khúc xạ thì các đường kéo dài gặp nhau tại O' (Hình 44.5). O' là điểm ảnh ảo của O. Đặt mắt ngoài không khí sao cho chùm khúc xạ nói trên đi vào mắt, ta sẽ có cảm giác là đáy cốc như được nâng lên cao hơn so với bình thường.

5. Tính thuận nghịch trong sự truyền ánh sáng

Nếu ánh sáng truyền từ S tới R, giả sử theo đường truyền là $SIJKR$, thì khi truyền ngược lại theo tia RK,

đường truyền là *RKJIS* (Hình 44.6). Đó là *tính thuận nghịch* trong sự truyền ánh sáng.



Hình 44.6 Đường truyền ánh sáng theo tính thuận nghịch.

C2 Một người nhìn thấy con cá ở trong nước. Hỏi muốn đâm trúng con cá thì người đó phải phóng mũi lao vào chỗ nào, đúng vào chỗ người đó nhìn thấy con cá, hay ở phía trên, phía dưới chỗ đó ? Giải thích.

CÂU HỎI

1. Hãy kể một trường hợp, trong đó tia sáng không bị khúc xạ khi đi qua mặt phân cách hai môi trường.
2. Cho hai môi trường 1 và 2, hãy viết hệ thức giữa các chiết suất tỉ đối n_{21} và n_{12}.
3. Xét một tia sáng đi từ môi trường này sang một môi trường khác. Chiết suất tỉ đối giữa hai môi trường cho ta biết điều gì về đường đi tia sáng qua mặt lưỡng chất ?

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.
   Chiết suất tỉ đối giữa môi trường khúc xạ và môi trường tới
   A. luôn lớn hơn 1.
   B. luôn nhỏ hơn 1.
   C. bằng tỉ số giữa chiết suất tuyệt đối của môi trường khúc xạ và chiết suất tuyệt đối của môi trường tới.
   D. bằng hiệu số giữa chiết suất tuyệt đối của môi trường khúc xạ và chiết suất tuyệt đối của môi trường tới.
2. Chọn câu đúng.
   Chiết suất tuyệt đối của một môi trường truyền sáng
   A. luôn lớn hơn 1. B. luôn nhỏ hơn 1. C. bằng 1. D. luôn lớn hơn 0.
3. Một bản mặt song song (một bản trong suốt giới hạn bởi hai mặt phẳng song song) có bề dày 10 cm, chiết suất n = 1,5 được đặt trong không khí. Chiếu tới bản một tia sáng *SI* có góc tới là 45^{o}.

Bài 44 (tiếp)

a) Chứng tỏ rằng tia sáng ló ra khỏi bản có phương song song với tia tới. Vẽ đường đi của tia sáng qua bản.

b) Tính khoảng cách giữa giá của tia ló và tia tới.

4. Một bản mặt song song có bề dày 6 cm, chiết suất n = 1,5, được đặt trong không khí.

a) Vật là một điểm sáng S cách bản 20 cm. Xác định vị trí của ảnh.

b) Vật AB = 2 cm đặt song song với bản. Xác định vị trí và độ lớn của ảnh.

5. Một cái chậu đặt trên một mặt phẳng nằm ngang, chứa một lớp nước dày 20 cm, chiết suất $n = \frac{4}{3}$.

Đáy chậu là một gương phẳng. Mắt M cách mặt nước 30 cm, nhìn thẳng góc xuống đáy chậu. Xác định khoảng cách từ ảnh của mắt tới mặt nước.

Vẽ đường đi của ánh sáng qua quang hệ trên.

Em có biết ?

ÁNH SÁNG VÀ MÀU SẮC

Trước Niu-tơn, người ta giải thích sự xuất hiện của các màu sắc theo quan điểm của A-ri-xtốt (Aristote) như sau : "Ánh sáng có màu trắng. Các màu sắc sinh ra là do màu trắng bị yếu đi. Khi ánh sáng trắng bị yếu dần, các màu sau lần lượt xuất hiện : đỏ, vàng, lục, lam, tím".

Không thoả mãn với sự giải thích trên, Niu-tơn đã thực hiện nhiều thí nghiệm và thấy rằng, ánh sáng trắng là tổng hợp của vô số ánh sáng có màu sắc khác nhau, được gọi là các ánh sáng đơn sắc. Chiết suất của một môi trường tuỳ thuộc vào ánh sáng đơn sắc đi qua. Do đó, các tia sáng đơn sắc đến một mặt lưỡng chất với các góc tới như nhau sẽ bị lệch theo các phương khác nhau khi đi vào môi trường thứ hai. Từ cơ sở này, Niu-tơn đã giải thích thành công sự tán sắc của một chùm ánh sáng trắng khi đi qua một lăng kính (hiện tượng một chùm ánh sáng trắng, khi đi qua một lăng kính, bị tách ra thành các chùm tia đơn sắc sẽ học ở lớp 12).

Bài 45. Phản xạ toàn phần

45 PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

1. Hiện tượng phản xạ toàn phần

a) Góc khúc xạ giới hạn

Xét một tia sáng đi từ môi trường có chiết suất n_1 sang môi trường khác có chiết suất n_2 (Hình 45.1).

Ta có định luật khúc xạ :

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

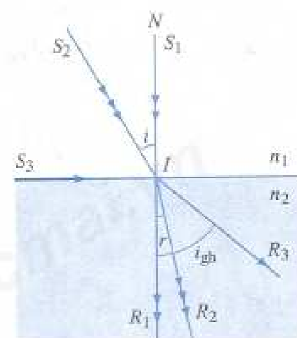
Nếu $n_1 < n_2$, ta có $i > r$.

Góc i có thể lấy các giá trị từ 0^o tới 90^o.

Cho góc i tăng dần thì góc khúc xạ r cũng tăng dần nhưng luôn nhỏ hơn i. Khi i đạt giá trị lớn nhất là 90^o thì r đạt giá trị lớn nhất là i_{gh}, được tính như sau :

$$n_1.\sin 90^o = n_2.\sin i_{gh}$$

$$\sin i_{gh} = \frac{n_1}{n_2} \qquad (45.1)$$



Hình 45.1 Sự khúc xạ của ánh sáng khi tới mặt phân cách hai môi trường ($n_1 < n_2$).

i_{gh} được gọi là *góc khúc xạ giới hạn*.

Kết luận

Trong trường hợp ánh sáng đi từ môi trường có chiết suất nhỏ hơn sang môi trường có chiết suất lớn hơn, ta luôn luôn có tia khúc xạ trong môi trường thứ hai.

b) Sự phản xạ toàn phần

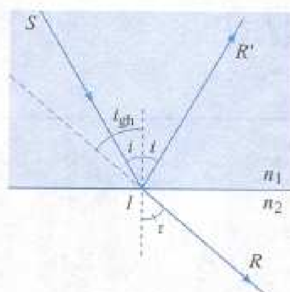
Xét tia sáng đi từ môi trường có chiết suất n_1 sang một môi trường có chiết suất n_2 nhỏ hơn.

Trong trường hợp này, ta có :

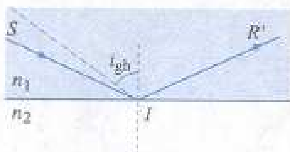
$r > i$ (góc khúc xạ lớn hơn góc tới).

Cho góc tới i tăng dần thì góc khúc xạ r cũng tăng dần và luôn luôn lớn hơn i.

Bài 45 (tiếp)



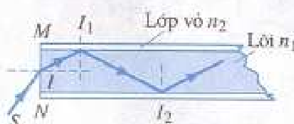
Hình 45.2 Sự khúc xạ và phản xạ của tia sáng khi tới mặt phân cách hai môi trường ($n_1 > n_2$).



Hình 45.3 Sự phản xạ toàn phần.
Góc tới *i* lớn hơn góc giới hạn, tia sáng bị phản xạ toàn phần.

C1 Trong trường hợp nào, ta không thể quan sát thấy hiện tượng khúc xạ của một tia sáng tại mặt phân cách hai môi trường trong suốt ?

C2 Hãy cho biết các điều kiện để xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần.



Hình 45.4 Đường đi của tia sáng trong sợi quang.

Khi r đạt giá trị lớn nhất là 90° thì góc tới i cũng có giá trị lớn nhất là i_{gh}. Ta có :

$$n_1.\sin i_{gh} = n_2.\sin 90^\circ = n_2$$

suy ra : $$\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (45.2)$$

Thí nghiệm cho thấy, trong trường hợp này, nếu góc tới i nhỏ hơn i_{gh}, tia sáng tới mặt lưỡng chất có một phần bị phản xạ, phần kia bị khúc xạ đi vào môi trường thứ hai (Hình 45.2).

Nếu góc tới i lớn hơn i_{gh}, toàn bộ ánh sáng sẽ bị phản xạ, không có tia khúc xạ vào môi trường thứ hai (vì không thể xảy ra trường hợp $r > 90^\circ$) (Hình 45.3).

Hiện tượng này được gọi là *hiện tượng phản xạ toàn phần*.

Kết luận

Khi ánh sáng đi từ môi trường có chiết suất lớn hơn sang môi trường có chiết suất nhỏ hơn và có góc tới i lớn hơn góc giới hạn i_{gh}, thì sẽ xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần, trong đó mọi tia sáng đều bị phản xạ, không có tia khúc xạ.

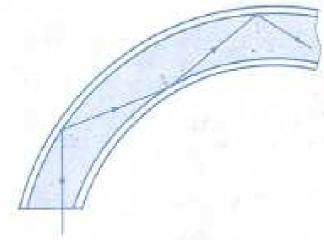
Tuy nhiên, về điều kiện xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần, ta vẫn nói là $i \geq i_{gh}$, dấu "=" hiểu theo nghĩa là trường hợp giới hạn.

2. Ứng dụng hiện tượng phản xạ toàn phần

• Sợi quang

Sợi quang có lõi làm bằng thuỷ tinh hoặc chất dẻo trong suốt có chiết suất n_1, được bao quanh bằng một lớp vỏ có chiết suất n_2 nhỏ hơn n_1. Xét tia tới SI đến điểm I trên tiết diện MN của sợi dây. Tia này bị khúc xạ khi đi vào sợi dây. Tia khúc xạ tới mặt tiếp xúc giữa lõi và lớp vỏ tại I_1 dưới góc tới i lớn hơn góc tới giới hạn và bị phản xạ toàn phần. Hiện tượng phản xạ như vậy được lặp lại nhiều lần liên tiếp tại các điểm I_2, I_3, ...

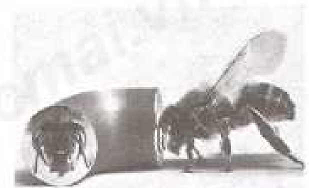




Hình 45.5 Ánh sáng được dẫn qua sợi quang do hiện tượng phản xạ toàn phần.

Sau một loạt phản xạ liên tiếp như trên, tia sáng được dẫn qua sợi quang mà cường độ ánh sáng bị giảm không đáng kể (Hình 45.5).

Nhiều sợi quang như vậy có thể được ghép với nhau tạo thành những bó. Những bó này lại được ghép và hàn nối với nhau, tạo thành những cáp quang, có thể có tới 3 000 sợi trong một tiết diện chỉ vào khoảng 1 cm^2.



Hình 45.6 Ảnh của con ong truyền qua một bó sợi quang.

Trong y học, người ta dùng bó sợi quang để quan sát các bộ phận ở bên trong cơ thể. Đó là phương pháp nội soi.

Trong công nghệ thông tin, cáp quang được dùng để truyền các dữ liệu. Một hệ truyền thông dùng cáp quang gồm ba bộ phận chính : một máy phát biến đổi các tín hiệu điện thành tín hiệu quang, một cáp quang có nhiệm vụ truyền các tín hiệu này đi và một máy thu nhận các tín hiệu ra ở đầu thứ hai của cáp quang và biến chúng trở lại các tín hiệu điện.

Cáp quang có nhiều ưu điểm hơn so với cáp kim loại. Trong đó, có hai ưu điểm rất đáng để ý. Cáp quang truyền được một số lượng dữ liệu lớn gấp nhiều lần (có thể hàng nghìn lần) so với cáp kim loại cùng đường kính. Ngoài ra, cáp quang rất ít bị nhiễu bởi trường điện từ ngoài, vì các sợi quang được làm bằng chất điện môi.

Bài 45 (tiếp)

CÂU HỎI

1. Một đèn chiếu ở trong nước rọi một chùm sáng song song lên mặt thoáng của nước. Phía trên mặt thoáng là một màn E nằm ngang. Ta sẽ nhận được một vệt sáng trên màn E. Điều khẳng định này đúng hay sai ?
2. Hãy kể một vài ứng dụng của hiện tượng phản xạ toàn phần.

BÀI TẬP

1. Chọn câu trả lời đúng.

   Cho một tia sáng đi từ nước $\left(n = \frac{4}{3}\right)$ ra không khí. Sự phản xạ toàn phần xảy ra khi góc tới :

   A. $i < 49^o$. B. $i > 42^o$. C. $i > 49^o$. D. $i > 43^o$.

2. Câu nào dưới đây **không** đúng ?

   A. Ta luôn luôn có tia khúc xạ khi tia sáng đi từ môi trường có chiết suất nhỏ hơn sang môi trường có chiết suất lớn hơn.

   B. Ta luôn luôn có tia khúc xạ khi tia sáng đi từ môi trường có chiết suất lớn hơn sang môi trường có chiết suất nhỏ hơn.

   C. Khi chùm sáng phản xạ toàn phần thì không có chùm sáng khúc xạ.

   D. Khi có sự phản xạ toàn phần, cường độ chùm sáng phản xạ gần như bằng cường độ chùm sáng tới.

3. Một khối thuỷ tinh P có chiết suất $n = 1,5$, tiết diện thẳng là một tam giác cân ABC vuông góc tại B. Chiếu vuông góc tới mặt AB một chùm sáng song song SI.

   a) Khối thuỷ tinh P ở trong không khí. Tính góc D làm bởi tia ló và tia tới.

   b) Tính lại góc D nếu khối P ở trong nước có chiết suất $n' = 1,33$.

4. Một miếng gỗ mỏng hình tròn, bán kính 4 cm. Ở tâm O, cắm thẳng góc một đinh OA. Thả miếng gỗ nổi trong một chậu nước có chiết suất $n = 1,33$. Đinh OA ở trong nước.

   a) Cho OA = 6 cm. Mắt ở trong không khí sẽ thấy đầu A cách mặt nước bao nhiêu ?

   b) Tìm chiều dài lớn nhất của OA để mắt không thấy đầu A của đinh.

   c) Thay nước bằng một chất lỏng có chiết suất n'. Khi giảm chiều dài OA của đinh tới 3,2 cm thì mắt không thấy được đầu A của đinh nữa. Tính n'.

Bài 46. Bài tập về khúc xạ ánh sáng và phản xạ toàn phần

46 BÀI TẬP VỀ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG VÀ PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

1. Một chậu chứa một lớp nước dày 30 cm, chiết suất của nước là $\frac{4}{3}$.

a) Chiếu một chùm tia sáng song song tới mặt nước với góc tới là 45°. Tính góc lệch hợp bởi chùm tia khúc xạ và chùm tia tới.

b) Mắt ở trong không khí, nhìn xuống đáy chậu sẽ thấy đáy chậu cách mặt nước một đoạn bao nhiêu ?

Bài giải

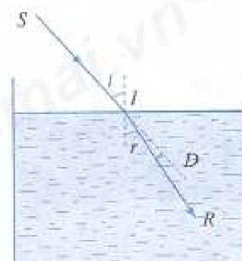
a) Áp dụng công thức khúc xạ : $\sin i = n\sin r$.

suy ra $$\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 45^o}{\frac{4}{3}} = 0{,}53$$

$$r = 32^o$$

Góc lệch giữa tia khúc xạ và tia tới là :

$$D = i - r = 13^o$$



Hình 46.1 Tia sáng gãy khúc tại I.

b) Xét chùm tia sáng từ điểm A trên đáy chậu đi qua mặt thoáng của nước ra ngoài không khí.

Giao điểm của các tia ló là ảnh A' của A cho bởi lưỡng chất phẳng nước – không khí. Để có ảnh rõ, góc tới i phải nhỏ.

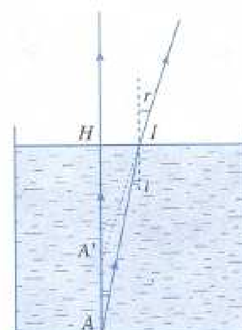
Ta có : $\tan i \approx i = \frac{HI}{HA}$, $\tan r \approx r = \frac{HI}{HA'}$

Suy ra $$\frac{i}{r} = \frac{HA'}{HA}$$

Mặt khác, ta có $n\sin i = \sin r$ hay $ni \approx r$ (vì các góc nhỏ).

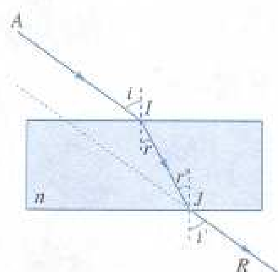
Vậy, ta có $\frac{i}{r} = \frac{1}{n} = \frac{HA'}{HA}$.

Suy ra $HA' = \frac{1}{n}HA = \frac{3}{4}30 = 22{,}5\,\text{cm}$.

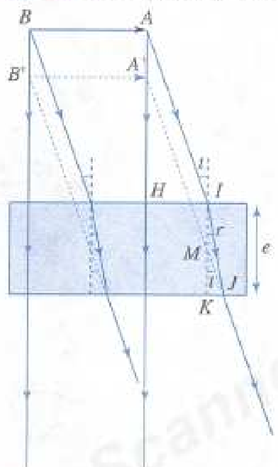


Hình 46.2 Ảnh đáy chậu cho bởi lưỡng chất phẳng nước – không khí.

Bài 46 (tiếp)



Hình 46.3 Tia ló song song với tia tới.



Hình 46.4 Ảnh cho bởi bản mặt song song.

2. Một vật *AB* thẳng, cao 5 cm, được đặt song song với một bản thuỷ tinh hai mặt song song, chiết suất 1,5, bề dày là 12 cm. Vật *AB* cách bản 24 cm.

a) Vẽ đường đi của một tia sáng xuất phát từ đỉnh *A* của vật, tới bản dưới góc tới 60° và đi qua bản.

b) Xác định vị trí và độ lớn của ảnh *A'B'* của AB cho bởi bản song song.

Bài giải

a) Tia tới là *AI*, tia khúc xạ tương ứng là *IJ*. Từ định luật khúc xạ, suy ra :

$$\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 60^\circ}{1,5} = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,577$$

$$r \approx 35^\circ 15'$$

Tia *IJ* tới mặt thứ hai của bản tại *J* với góc tới là *r'*. Ta thấy $r' = r$.

Tia sáng ló ra khỏi bản theo tia *JR* với góc ló là *i'*. Vì $r' = r$, nên suy ra $i' = i$.

Từ đó, suy ra tia ló *JR* song song với tia tới *AI*.

b) Từ *A*, vẽ thêm tia sáng *AH* vuông góc với bản. Tia sáng này đi thẳng qua bản không bị lệch. Giao điểm của hai tia ló là ảnh *A'* của *A*.

Tương tự, từ *B*, ta vẽ tia tới vuông góc với bản. Các tia ló tương ứng cắt nhau tại *B'*. Ta thấy ảnh *A'B'* song song với *AB* và có độ lớn $A'B' = AB = 5$ cm.

Từ Hình 46.4, ta có $JK = IK\tan r = MK\tan i$

Suy ra : $$MK = IK\frac{\tan r}{\tan i} \approx IK\frac{r}{i}$$

Mặt khác $i \approx n\,r$, suy ra : $\frac{r}{i} = \frac{1}{n}$

Vậy ta có : $$MK = \frac{IK}{n} = \frac{e}{n}$$

với $e = IK$ (bề dày của bản song song).

Bài 46 (tiếp)

Suy ra khoảng cách giữa vật và ảnh là :

$$AA' = IM = IK - MK$$

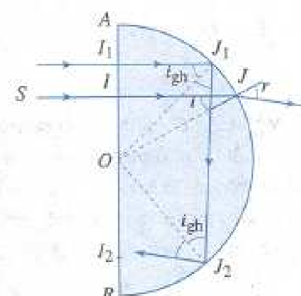
hay $$AA' = e - \frac{e}{n} = e\frac{n-1}{n} = 4 \text{ cm}$$

Vậy ảnh $A'B'$ cách bản là $A'H = 24 - 4 = 20$ cm

3. Cho một khối thuỷ tinh dạng bán cầu có bán kính R, chiết suất 1,5. Chiếu thẳng góc tới mặt phẳng của bán cầu một tia sáng SI.

a) Điểm tới I cách tâm O của khối bán cầu là $\frac{R}{2}$. Xác định đường đi của tia sáng qua bán cầu.

b) Điểm tới I ở trong vùng nào thì không có tia sáng đi qua mặt cầu của bán cầu ?



Hình 46.5

Bài giải

a) Tia sáng đi thẳng qua mặt phẳng AB của khối bán cầu, tới mặt cầu tại J với góc tới là i. Ta có :

$$\sin i = \frac{OI}{OJ} = \frac{R/2}{R} = 0,5$$

Suy ra $i = 30^o$

Tại J, ta có $n\sin i = \sin r$ hay $1,5 \sin 30^o = \sin r$.

hay $\sin r = 0,75$. Suy ra góc ló là $r = 48^o36'$.

b) Khi tia tới SI càng xa tâm O, khoảng cách OI tăng, do đó góc i tăng dần. Nếu góc i lớn hơn góc giới hạn thì tia sáng sẽ bị phản xạ toàn phần tại J, không ló ra ngoài.

Ta có $\sin i_{gh} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3} \Rightarrow i_{gh} \approx 42^o$

Gọi I_1 là vị trí của I khi góc i bằng góc giới hạn i_{gh}.

Ta có $OI_1 = OJ_1 \sin i_{gh} = \frac{2}{3}R$.

Khi I ở ngoài khoảng OI_1, tia sáng phản xạ toàn phần tại mặt cầu, tới J_2 với góc tới là i_{gh}, phản xạ toàn phần lần thứ hai,...

Vậy, nếu điểm tới I nằm ngoài khoảng I_1I_2, với $OI_1 = OI_2 = \frac{2}{3}R$, sẽ không có tia ló ra khỏi mặt cầu của bán cầu.

Bài đọc thêm: Hiện tượng ảo ảnh

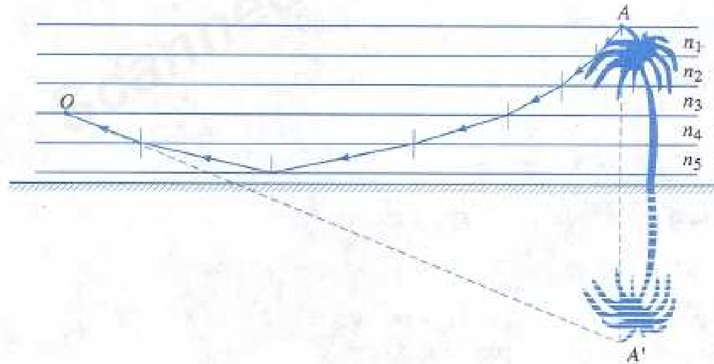
BÀI ĐỌC THÊM

HIỆN TƯỢNG ẢO ẢNH

Một đoàn lữ hành rảo bước trên mặt sa mạc nóng bỏng. Trời đã về chiều, họ mong tới được một ốc đảo trước khi màn đêm buông xuống. Bỗng họ thấy từ xa một vũng nước lấp loáng, trên đó in bóng những cây cọ xanh mát. Họ bước vội tới, nhưng khi đến nơi, họ ngạc nhiên và thất vọng vì chỉ thấy những cây cọ trên mặt cát khô, không một giọt nước. Đó là hiện tượng ảo ảnh mà các đoàn lữ hành có thể gặp khi đi trên sa mạc.

Hiện tượng này được giải thích như sau :

Trong sa mạc, vào cuối một ngày im gió, lớp không khí càng ở gần mặt cát có nhiệt độ càng cao, vì nhận được nhiệt toả ra từ mặt cát nóng. Nhiệt độ càng cao thì chiết suất lớp khí càng nhỏ. Do đó, càng lên cao, chiết suất của không khí càng tăng. Ta tưởng tượng chia không khí trên bề mặt sa mạc thành nhiều lớp mỏng, chiết suất của các lớp này tăng dần khi càng lên cao. Xét một tia sáng đi xiên xuống từ một điểm A, từ lớp khí (1) xuống lớp khí (2), góc khúc xạ sẽ lớn hơn góc tới (vì $n_2 < n_1$). Cứ như vậy, tia sáng bị gãy khúc liên tiếp như Hình 46.6 khi đi từ lớp khí trên xuống lớp khí dưới. Khi tia sáng xuống thấp tới lớp khí dưới có góc tới lớn hơn góc giới hạn i_{gh}, tia sáng sẽ bị phản xạ toàn phần, hắt lên. Do đó, ta được một đường gãy khúc liên tiếp từ A tới mắt, giả sử ở điểm O. Khi bề dày các lớp không khí vô cùng nhỏ thì đường gãy khúc trên trở thành một đường cong đều đặn đi xuống từ A rồi đi lên tới mắt O. Tia sáng tới mắt dường như phát xuất từ điểm A', đối xứng với A qua mặt đất .



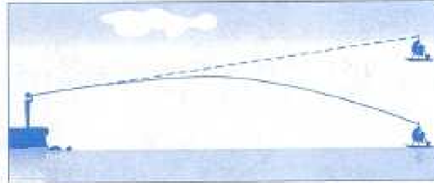
Hình 46.6 *Đường đi của tia sáng qua các lớp không khí trên sa mạc.*

Với đoàn lữ hành trên, họ nhìn thấy đỉnh A của cây cọ do các tia sáng trực tiếp từ đỉnh cây tới mắt và nhìn thấy ảnh A' của ngọn cây do các tia sáng bị phản xạ toàn phần như giải thích ở trên, giống như họ đã nhìn thấy cây cọ in bóng trên một mặt nước.

Bài đọc thêm (tiếp)

Khi đi trên đường nhựa trong những buổi trưa hè, ta thường thấy, ở xa xa phía trước, trên mặt đường có những vũng nước ; nhưng khi lại gần thì chỉ thấy mặt đường khô ráo. Đây cũng là một hiện tượng ảo ảnh tương tự như hiện tượng trên.

Trường hợp ngược lại, càng lên cao chiết suất không khí càng giảm, như đôi khi xảy ra ở trên các vùng nước rộng, đường đi của tia sáng từ vật tới mắt người quan sát bị uốn cong ngược lại với trường hợp ở trên nên người quan sát thấy ảnh con tàu hiện trên bầu trời (Hình 46.7).



Hình 46.7



Hình 46.8 *Ảnh chụp một ảo ảnh xảy ra ở Trung Quốc gần đây - "cả một thành phố trên biển".*

VẺ ĐẸP RỰC RỠ CỦA KIM CƯƠNG

Khi vào thăm một số viện bảo tàng lớn, nhiều du khách bị thu hút khi đứng ngắm các vương miện và các đồ trang sức của các vua, chúa thời xưa, được trang trí bằng các viên kim cương lấp lánh. Tại sao loại đá quý này có vẻ đẹp rực rỡ đến như vậy ?

Bản chất kim cương là cacbon kết tinh. Chiết suất của kim cương rất lớn ($n \approx 2,42$). Khi kim cương ở trong không khí, góc giới hạn i_{gh} của tia sáng tới một mặt của viên kim cương có giá trị khá nhỏ ($i_{gh} \approx 24^0$). Kim cương thường được khai thác từ các mỏ. Để có các viên kim cương đẹp như ta thấy, người ta cắt gọt viên kim cương thành các khối có nhiều mặt. Khi một tia sáng rọi tới một mặt, nó sẽ bị khúc xạ, đi vào trong viên kim cương và bị phản xạ toàn phần nhiều lần giữa các mặt của viên kim cương trước khi ló ra tới mắt ta, nên ta thấy ánh sáng từ viên kim cương loé ra rất sáng. Ánh sáng tới kim cương là ánh sáng trắng của Mặt Trời gồm vô số ánh sáng màu từ đỏ đến tím. Khi đi qua kim cương, ánh sáng trắng bị tán sắc (hiện tượng này sẽ học ở lớp 12), do đó ta thấy kim cương lấp lánh nhiều màu rực rỡ.

Tóm tắt chương VI



ÓM TẮT CHƯƠNG VI

1. Định luật khúc xạ ánh sáng

Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới.

Tia tới và tia khúc xạ nằm ở hai bên pháp tuyến tại điểm tới.

Với hai môi trường nhất định, tỉ số giữa sin góc tới và sin góc khúc xạ là hằng số :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

Hằng số n được gọi là chiết suất tỉ đối của môi trường khúc xạ đối với môi trường tới.

2. Chiết suất của một môi trường

Chiết suất tỉ đối của môi trường 2 đối với môi trường 1 bằng tỉ số giữa các tốc độ truyền ánh sáng v_1 và v_2 trong môi trường 1 và môi trường 2.

$$n \equiv n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

n_1 và n_2 là các chiết suất tuyệt đối của môi trường 1 và môi trường 2.

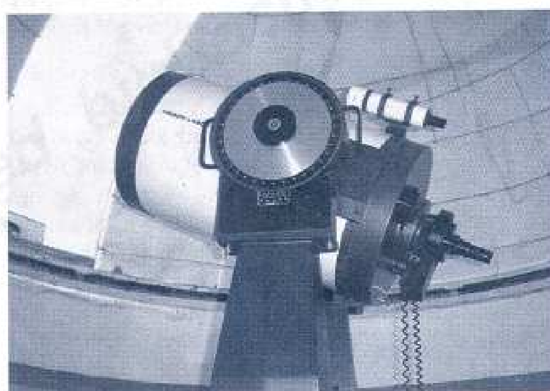
3. Công thức khúc xạ : $\sin i = n\sin r \Leftrightarrow n_1\sin i = n_2\sin r$.

4. Hiện tượng phản xạ toàn phần : Hiện tượng phản xạ toàn phần chỉ xảy ra trong trường hợp môi trường tới chiết quang hơn môi trường khúc xạ $(n_1 > n_2)$. Khi đó, điều kiện phản xạ toàn phần là : $i \geq i_{gh}$ với $\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1}$, dấu "=" hiểu theo nghĩa là trường hợp giới hạn.

Chương VII. MẮT. CÁC DỤNG CỤ QUANG

CHƯƠNG VII

Mắt
Các dụng cụ quang



Kính thiên văn phản xạ tại trường Đại học Sư phạm Hà Nội.

Chương này trình bày về các dụng cụ quang từ đơn giản (lăng kính, thấu kính) tới các thiết bị có cấu tạo phức tạp hơn (kính hiển vi, kính thiên văn), trong đó học sinh được tìm hiểu về đường đi của ánh sáng qua các dụng cụ quang, sự tạo ảnh của một vật bởi các chùm tia sáng đi qua dụng cụ quang. Chương này cũng trình bày về cấu tạo và hoạt động của mắt khi quan sát một vật ; các tật của mắt (cận thị, viễn thị, lão thị) và cách chữa.

Bài 47. Lăng kính

47 LĂNG KÍNH

1. Cấu tạo lăng kính

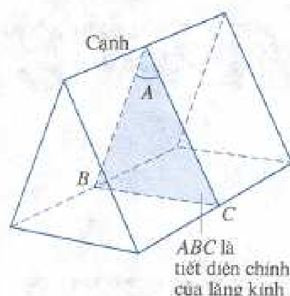
Lăng kính là một khối trong suốt, đồng chất, được giới hạn bởi hai mặt phẳng không song song.

Hai mặt phẳng giới hạn ở trên được gọi là *các mặt bên* của lăng kính.

Giao tuyến của hai mặt bên được gọi là *cạnh* của lăng kính.

Mặt đối diện với cạnh là *đáy* của lăng kính.

Một mặt phẳng bất kì vuông góc với cạnh được gọi là mặt phẳng tiết diện chính. Trong thực tế, lăng kính là một khối lăng trụ có tiết diện chính là một tam giác. Góc A hợp bởi hai mặt lăng kính được gọi là *góc chiết quang* hay *góc ở đỉnh* của lăng kính (Hình 47.1).

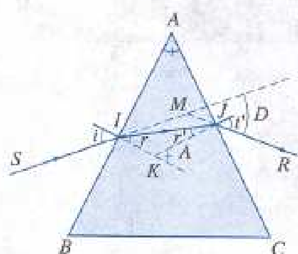


Hình 47.1 Lăng kính.

2. Đường đi của tia sáng qua lăng kính

Xét một lăng kính có chiết suất n đặt trong không khí. Để đơn giản, ta chỉ xét các tia sáng nằm trong mặt phẳng tiết diện chính của lăng kính và là ánh sáng đơn sắc, nghĩa là ánh sáng có một màu nhất định. Chiếu tới mặt bên AB của lăng kính một tia sáng SI (Hình 47.2). Tia sáng này sẽ bị khúc xạ tại I và J khi đi qua các mặt bên, và ló ra theo tia JR. Đường đi của tia sáng $SIJR$ nằm trong mặt phẳng tiết diện chính ABC. Góc i được gọi là *góc tới*. Góc i' được gọi là *góc ló*.

Góc D hợp bởi tia tới SI và tia ló JR được gọi là *góc lệch* của tia sáng khi đi qua lăng kính.



Hình 47.2 Đường đi của tia sáng qua lăng kính.

3. Các công thức lăng kính

Gọi r là góc khúc xạ tại I và r' là góc tới tại J. Từ định luật khúc xạ, ta có :

$$\sin i = n\sin r$$

$$n\sin r' = \sin i'$$

Xét tam giác IKJ, ta có :

$$r + r' = A$$

Bài 47 (tiếp)

Xét tam giác IMJ, ta có góc lệch :

$$D = \widehat{MIJ} + \widehat{MJI} = (i - r) + (i' - r')$$

$$D = i + i' - (r + r') = i + i' - A$$

Vậy, với lăng kính, ta có các công thức sau :

$$\sin i = n \sin r \quad (47.1)$$

$$\sin i' = n \sin r' \quad (47.2)$$

$$r + r' = A \quad (47.3)$$

$$D = i + i' - A \quad (47.4)$$

Nếu các góc là nhỏ thì ta có thể dùng các công thức gần đúng sau :

$i \approx nr$

$i' \approx nr'$

$A = r + r'$

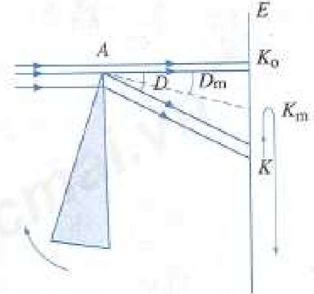
$D \approx (n - 1)A$

C1 Lăng kính trong phòng thí nghiệm là một khối lăng trụ có tiết diện chính là hình tam giác. Chọn góc nào là đỉnh lăng kính ?

4. Biến thiên của góc lệch theo góc tới

Thí nghiệm

Cho một chùm tia sáng hẹp song song đi qua đỉnh của lăng kính như trên Hình 47.3. Phần chùm tia không đi qua lăng kính cho một vệt sáng K_o trên màn ảnh E. Phần chùm tia đi qua lăng kính, bị lệch đi một góc là D, cho trên màn E một vệt sáng K.



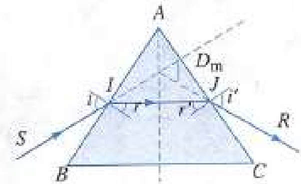
Hình 47.3 Thí nghiệm về góc lệch cực tiểu.

Quay lăng kính theo chiều mũi tên để góc tới tăng dần, từ giá trị nhỏ nhất là i_o. Ta thấy vệt sáng K di chuyển về phía K_o, tới một vị trí gần nhất là K_m thì đổi chiều chuyển động, di chuyển ra xa K_o.

Nhận xét

Thí nghiệm cho biết, khi góc tới thay đổi thì góc lệch cũng thay đổi và qua một giá trị cực tiểu (gọi là *góc lệch cực tiểu*), kí hiệu là D_m.

Khi tia sáng có góc lệch cực tiểu, đường đi của tia sáng đối xứng qua mặt phân giác của góc ở đỉnh A (Hình 47.4). Tính chất này cũng có thể chứng minh bằng lí thuyết.



Hình 47.4 Đường đi của tia sáng khi có góc lệch cực tiểu.

Trong trường hợp này, ta có $i' = i = i_m$ (góc tới ứng với độ lệch cực tiểu)

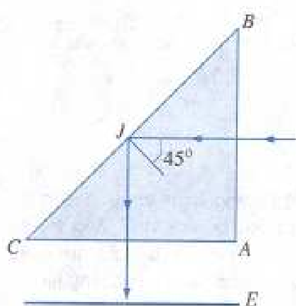
$$r' = r = \frac{1}{2}A$$

$$D_m = 2i_m - A$$

hay $$i_m = \frac{D_m + A}{2}$$

suy ra $$\sin\frac{D_m + A}{2} = n\sin\frac{A}{2} \quad (47.5)$$

Bài 47 (tiếp)



Hình 47.5 Chùm sáng bị phản xạ toàn phần trên mặt BC.

5. Lăng kính phản xạ toàn phần

a) Thí nghiệm

Chiếu một chùm sáng song song tới vuông góc với mặt bên AB của một lăng kính bằng thuỷ tinh, có chiết suất $n = 1,5$, tiết diện chính là một tam giác vuông cân. Lăng kính được đặt trong không khí.

Đặt một màn ảnh E đối diện với mặt huyền BC, ta không nhận được vệt sáng trên màn.

Bây giờ đặt màn E đối diện với mặt bên AC, ta thấy một vệt sáng xuất hiện trên màn E.

Thí nghiệm chứng tỏ tia sáng không ló ra ở mặt BC mà bị phản xạ toàn phần tại mặt này rồi ló ra ở mặt AC (Hình 47.5).

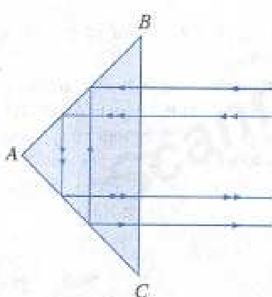
b) Giải thích

Tại mặt AB, góc tới là $i = 0^o$ nên tia sáng đi thẳng vào lăng kính, tới mặt huyền tại J với góc tới là $j = 45^o$. Góc tới giới hạn trong trường hợp này là i_{gh} với

$$\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1,5} \approx 0,6667$$

suy ra $i_{gh} \approx 42^o$. Vậy $j > i_{gh}$.

Do đó, tia sáng bị phản xạ toàn phần tại J. Tia phản xạ vuông góc với mặt AC nên ló thẳng ra ngoài không khí.



Hình 47.6 Tia sáng phản xạ toàn phần tại các mặt BA và AC.

Ta cũng có thể chiếu chùm tia tới song song vuông góc với mặt huyền BC. Chùm tia này sẽ phản xạ toàn phần tại hai mặt BA và AC và ló ra khỏi mặt huyền BC (Hình 47.6).

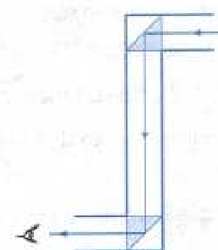
c) Ứng dụng

Lăng kính phản xạ toàn phần có tác dụng như một gương phẳng. Người ta dùng lăng kính phản xạ toàn phần trong các kính tiềm vọng ở các tàu ngầm để làm đổi phương truyền của tia sáng (Hình 47.7).

Bài 47 (tiếp)

Nhờ kính tiềm vọng, thuỷ thủ ở dưới tàu ngầm có thể quan sát các hoạt động xảy ra trên mặt biển.

Trong ống nhòm, người ta dùng hai lăng kính phản xạ toàn phần có các cạnh vuông góc với nhau để làm đổi chiều của ảnh.



Hình 47.7 Kính tiềm vọng.

CÂU HỎI

1. Hãy kể một vài ứng dụng của lăng kính.
2. Chiếu tới một mặt bên của lăng kính một chùm sáng song song. Hỏi có tia sáng ló ra ở mặt bên thứ hai không ?

BÀI TẬP

1. Chọn phương án đúng.

   Một tia sáng tới vuông góc với mặt *AB* của một lăng kính có chiết suất $n = \sqrt{2}$ và góc ở đỉnh $A = 30^0$, *B* là góc vuông. Góc lệch của tia sáng qua lăng kính là :

   A. 5^0. B. 13^0. C. 15^0. D. 22^0.

2. Chọn phương án đúng.

   Chiếu một chùm sáng song song tới lăng kính. Cho góc tới *i* tăng dần từ giá trị nhỏ nhất thì :

   A. góc lệch *D* tăng theo *i*.

   B. góc lệch *D* giảm dần.

   C. góc lệch *D* tăng tới một giá trị xác định rồi giảm dần.

   D. góc lệch *D* giảm tới một giá trị xác định rồi tăng dần.

3. Phát biểu nào dưới đây **không** chính xác ?

   Chiếu một chùm tia sáng vào một mặt bên của một lăng kính ở trong không khí :

   A. Góc khúc xạ *r* bé hơn góc tới *i*.

   B. Góc tới *r'* tại mặt bên thứ hai bé hơn góc ló *i'*.

C. Luôn luôn có chùm tia sáng ló ra ở mặt bên thứ hai.

D. Chùm tia sáng bị lệch đi khi qua lăng kính.

4. Khảo sát và vẽ đường đi tia sáng trong trường hợp tia tới là là trên mặt lăng kính.

5. Một lăng kính thuỷ tinh có chiết suất $n = 1,5$; tiết diện chính là một tam giác đều, được đặt trong không khí.

a) Tính góc lệch của tia sáng qua lăng kính khi góc tới là 30^0.

b) Vẽ đường đi tia sáng và tính góc mà tia ló hợp với tia tới trong trường hợp tia tới vuông góc với mặt bên của lăng kính.

6. Khảo sát đường đi tia sáng qua lăng kính trong hai trường hợp sau :

a) Lăng kính có góc ở đỉnh là $A = 50^0$, chiết suất $n = \sqrt{2}$ đặt trong nước có chiết suất $n' = \frac{4}{3}$, góc tới là $i = 45^0$.

b) Lăng kính thuỷ tinh đặt trong không khí có góc ở đỉnh $A = 75^0$, góc $C = 60^0$, chiết suất $n = 1,5$, góc tới của tia sáng là $i = 30^0$. Tia tới đến mặt AB của lăng kính.

7. Lăng kính có góc ở đỉnh là 60^0. Chùm sáng song song qua lăng kính có độ lệch cực tiểu là $D_m = 42^0$. Hãy tìm góc tới và chiết suất của lăng kính.

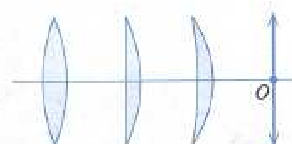
Bài 48. Thấu kính mỏng

48 THẤU KÍNH MỎNG

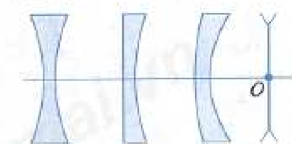
1. Định nghĩa

Thấu kính là một khối trong suốt, được giới hạn bởi hai mặt cầu hoặc một mặt phẳng và một mặt cầu.

Ta phân biệt hai loại thấu kính : các thấu kính mép mỏng và các thấu kính mép dày, có các dạng như trên Hình 48.1 và 48.2.



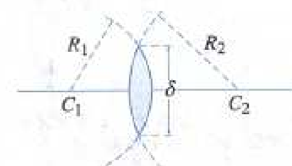
Hình 48.1 Thấu kính mép mỏng và kí hiệu.



Hình 48.2 Thấu kính mép dày và kí hiệu.

Ta chỉ xét các thấu kính mỏng, nghĩa là các thấu kính có bề dày ở tâm rất nhỏ.

Trong Hình 48.3, ta có R_1, R_2 là bán kính các mặt cầu (mặt phẳng được coi là có bán kính bằng vô cực).



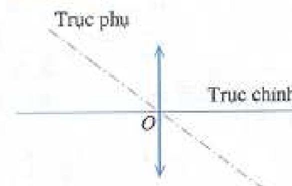
Hình 48.3 Các yếu tố của thấu kính.

Đường thẳng C_1C_2 nối các tâm của hai mặt cầu (hoặc đi qua tâm của mặt cầu và vuông góc với mặt phẳng) được gọi là *trục chính*.

O được gọi là *quang tâm thấu kính* (O là điểm mà trục chính cắt thấu kính).

δ được gọi là *đường kính mở* hay *đường kính khẩu độ*.

Đường thẳng bất kì đi qua quang tâm O được gọi là *trục phụ* (Hình 48.4).



Hình 48.4 Trục chính và trục phụ.

Trong phần này, ta xét các thấu kính ở trong không khí.

Thấu kính mép mỏng được gọi là *thấu kính hội tụ*.

Thấu kính mép dày được gọi là *thấu kính phân kì*.

• Tính chất của quang tâm

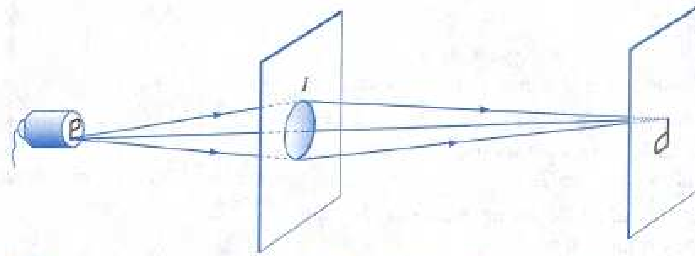
Một tia sáng bất kì qua quang tâm thì truyền thẳng.

• Điều kiện để có ảnh rõ nét

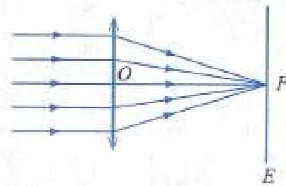
Để thấu kính cho ảnh rõ nét, các tia sáng tới thấu kính phải lập một góc nhỏ với trục chính. Trong điều kiện này, *ứng với một điểm vật chỉ có một điểm ảnh* nên vật cho ảnh rõ nét. Đó là *điều kiện tương điểm*.

Bài 48 (tiếp)

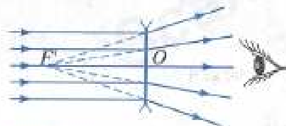
Để có điều kiện này, ta có thể giới hạn chùm tia tới thấu kính bằng một tấm bìa chắn sáng, trên đó có đục một lỗ thủng tròn, được đặt trước thấu kính. Trong trường hợp này, đường kính khẩu độ bằng đường kính của lỗ tròn (Hình 48.5).



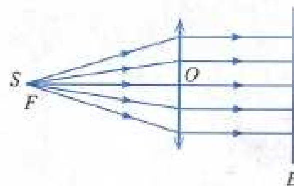
Hình 48.5 Làm giảm khẩu độ của thấu kính để thoả mãn điều kiện tương điểm.



Hình 48.6 Thí nghiệm xác định vị trí tiêu điểm ảnh của thấu kính hội tụ.



Hình 48.7 Quan sát tiêu điểm ảnh của thấu kính phân kì.



Hình 48.8 Nguồn sáng ở tiêu điểm vật F của thấu kính hội tụ, chùm sáng ló song song với trục chính.

2. Tiêu điểm. Tiêu diện. Tiêu cự

a) Tiêu điểm ảnh chính

Thí nghiệm

Chiếu một chùm tia sáng song song với trục chính tới một thấu kính hội tụ (cách đơn giản nhất là dùng thấu kính này để hứng chùm sáng song song từ Mặt Trời). Dùng một màn *E* để hứng chùm tia ló, ta được một vệt sáng hiện trên màn *E*. Di chuyển màn *E* cho tới khi vệt sáng này nhỏ và sáng nhất. Vị trí điểm sáng này được gọi là *tiêu điểm ảnh chính F'*, thường gọi tắt là *tiêu điểm ảnh* (Hình 48.6).

Làm lại thí nghiệm trên với một thấu kính phân kì, ta không thể hứng được một điểm sáng trên màn *E*, nhưng nếu nhìn vào thấu kính như ở Hình 48.7, ta thấy một điểm sáng ở vị trí *F'*. *F'* cũng được gọi là tiêu điểm ảnh.

Với thấu kính phân kì, tiêu điểm ảnh *F'* nằm phía tia tới.

b) Tiêu điểm vật chính

Thí nghiệm

• Đặt một nguồn sáng điểm trên trục chính của một thấu kính hội tụ và hứng chùm sáng ló trên một màn ảnh *E* (Hình 48.8). Di chuyển nguồn sáng

điểm này dọc theo trục chính cho tới khi ta thấy vệt sáng tròn trên màn E có đường kính bằng đường kính khẩu độ của thấu kính. Khi đó chùm sáng ló là chùm song song (ta có thể kiểm tra lại điều này bằng cách di chuyển màn E ra xa hay lại gần thấu kính, ta sẽ thấy kích thước của vệt sáng trên màn E không đổi).

Vị trí của nguồn sáng điểm để có chùm sáng ló song song với trục chính như trên được gọi là *tiêu điểm vật chính*, hay gọi tắt là *tiêu điểm vật* của thấu kính, được kí hiệu là F.

• Với thấu kính phân kì, khi chiếu tới thấu kính một chùm tia hội tụ, ta tìm được một vị trí F trên trục chính của điểm hội tụ để chùm tia ló ra khỏi thấu kính cũng là chùm tia song song với trục chính (Hình 48.9). Điểm F nằm cùng phía với chùm tia ló và là tiêu điểm vật chính hay gọi tắt là *tiêu điểm vật* của thấu kính phân kì.

Thí nghiệm cho thấy các *tiêu điểm F và F' đối xứng với nhau qua quang tâm.*

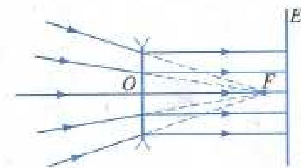
c) Tiêu diện. Tiêu điểm phụ

Mặt phẳng vuông góc với trục chính tại tiêu điểm vật F được gọi là *tiêu diện vật* (Hình 48.10).

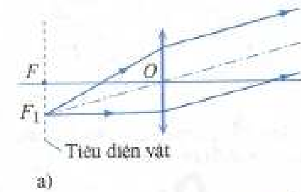
Mặt phẳng vuông góc với trục chính tại tiêu điểm ảnh chính F' được gọi là *tiêu diện ảnh* (Hình 48.11).

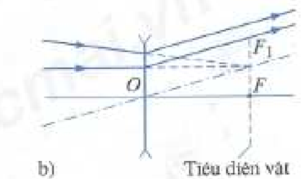
Điểm cắt của một trục phụ bất kì với tiêu diện vật hay tiêu diện ảnh được gọi *là tiêu điểm vật phụ* hay *tiêu điểm ảnh phụ*.

Nếu ta chiếu một chùm tia song song với một trục phụ thì các tia ló (hoặc các đường kéo dài) sẽ cắt nhau tại tiêu điểm ảnh phụ F'_1, giao điểm của trục phụ với tiêu diện ảnh (các Hình 48.11a, b). Ngược lại, nếu đặt một nguồn sáng điểm tại một tiểu điểm phụ F_1 thì chùm tia sáng ló ra khỏi thấu kính là một chùm tia song song với trục phụ đi qua F_1 (các Hình 48.11c, d).

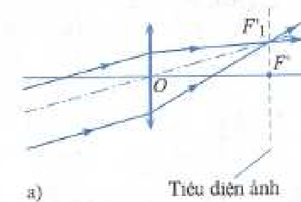


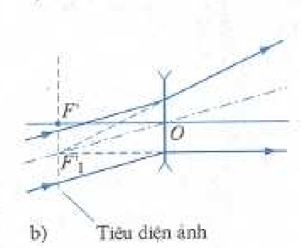
Hình 48.9 Chùm tia hội tụ qua thấu kính phân kì.





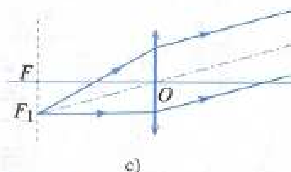
Hình 48.10 Chùm tia ló song song với trục phụ.

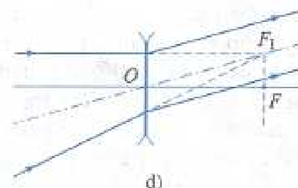




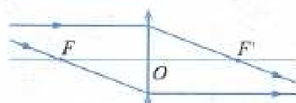
Hình 48.11a, b Chùm tia ló qua tiêu điểm ảnh phụ F'_1.

Bài 48 (tiếp)

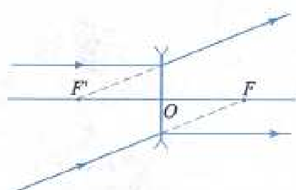




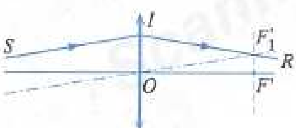
Hình 48.11c, d Chùm tia ló song song với trục phụ.



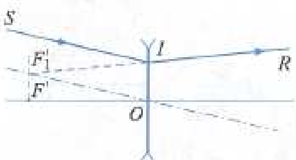
Hình 48.12 Đường đi của các tia đặc biệt qua thấu kính hội tụ.



Hình 48.13 Đường đi của các tia đặc biệt qua thấu kính phân kì.



Hình 48.14 Vẽ tia ló qua thấu kính hội tụ (cách 1).



Hình 48.15 Vẽ tia ló qua thấu kính phân kì (cách 1).

d) Tiêu cự

Tiêu cự là độ dài đại số, được kí hiệu là f, có trị số tuyệt đối bằng khoảng cách từ các tiêu điểm chính tới quang tâm thấu kính.

$$|f| = OF = OF' \qquad (48.1)$$

Quy ước : $f > 0$ với thấu kính hội tụ.
$f < 0$ với thấu kính phân kì.

3. Đường đi của tia sáng qua thấu kính

a) Các tia đặc biệt (Hình 48.12 và 48.13)

– Tia tới song song với trục chính, tia ló tương ứng (hoặc đường kéo dài) đi qua tiêu điểm ảnh chính F'.

– Tia tới (hoặc đường kéo dài) qua tiêu điểm vật chính F, tia ló tương ứng song song với trục chính.

– Tia tới qua quang tâm O thì đi thẳng.

b) Cách vẽ tia ló ứng với một tia tới bất kì

Xét một tia tới bất kì SI, ta có thể vẽ tia ló tương ứng theo các cách sau :

Cách 1 :

– Vẽ trục phụ song song với tia tới SI.

– Vẽ tiêu diện ảnh, cắt trục phụ nói trên tại một tiêu điểm phụ là F'_1.

– Từ I, vẽ tia ló đi qua F'_1 (Hình 48.14 và Hình 48.15).

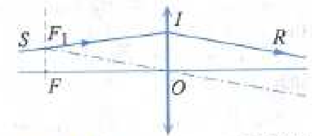
Cách 2 :

Vẽ tiêu diện vật, cắt tia tới SI tại một tiêu điểm vật phụ là F_1.

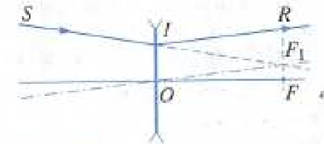
– Vẽ trục phụ đi qua F_1.

Bài 48 (tiếp)

– Vẽ tia ló song song với trục phụ trên (Hình 48.16 và Hình 48.17).



Hình 48.16 Vẽ tia ló qua thấu kính hội tụ (cách 2).



Hình 48.17 Vẽ tia ló qua thấu kính phân kì (cách 2).

4. Xác định ảnh bằng cách vẽ đường đi của tia sáng

• Xét một vật nhỏ, phẳng AB được đặt vuông góc với trục chính. Giả sử A ở trên trục chính. Trước hết, xác định ảnh B' của B, sau đó, từ B', hạ đường thẳng góc xuống trục chính, ta được ảnh $A'B'$ của vật AB.

Để xác định ảnh B', từ B vẽ đường đi tia sáng của hai trong các tia đặc biệt. Ảnh B' là giao điểm của các tia ló (Hình 48.18 và 48.19).

• Ta hãy xét xem ảnh của một vật tạo bởi thấu kính hội tụ phụ thuộc như thế nào vào khoảng cách từ vật đến thấu kính (Hình 48.20). Ta chỉ cần sử dụng hai tia đặc biệt là tia song song với quang trục và tia đi qua quang tâm.

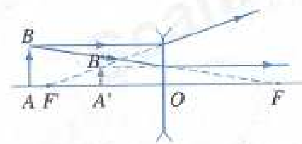
– Khi vật A_1B_1 ngoài tiêu điểm, ảnh $A'_1B'_1$ là ảnh thật, ngược chiều với vật.

– Khi vật A_2B_2 ở trong tiêu điểm, ảnh $A'_2B'_2$ là ảnh ảo, cùng chiều với vật.

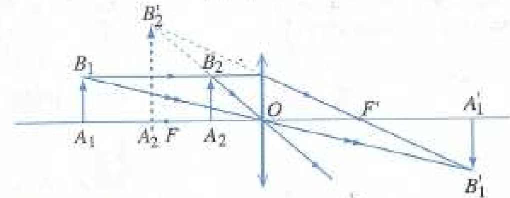
– Khi vật ở tiêu điểm, ảnh ở vô cực.

C1 Quan sát một vật qua một thấu kính. Di chuyển thấu kính ra xa hay lại gần vật, ta thấy ảnh luôn luôn nhỏ hơn vật. Đây là thấu kính loại gì ?

Hình 48.18 Sự tạo ảnh bởi thấu kính hội tụ.



Hình 48.19 Sự tạo ảnh bởi thấu kính phân kì.



Hình 48.20 Ảnh thật, ảnh ảo tạo bởi thấu kính hội tụ.

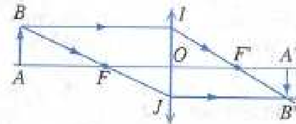
5. Độ tụ

• Các thấu kính mép mỏng có tác dụng làm hội tụ chùm tia sáng đi qua (vì thế được gọi là thấu kính hội tụ). Ngược lại, các thấu kính mép dày có tác dụng làm phân kì chùm tia đi qua (nên gọi là thấu kính phân kì). Để xác định khả năng làm hội tụ chùm tia nhiều hay ít, người ta dùng một đại lượng gọi là *độ tụ*, được định nghĩa là :

Ảnh $B'A'$ trong trường hợp của Hình 48.18 là ảnh thật vì thực sự có tia sáng ló ra khỏi thấu kính tới mỗi điểm trên ảnh $B'A'$.

Ảnh $B'A'$ trong trường hợp của Hình 48.19 là ảnh ảo, vì các tia ló ra khỏi thấu kính không thực sự tới mỗi điểm trên ảnh $B'A'$. Mỗi điểm trên ảnh này chỉ là điểm cắt nhau của các đường kéo dài của các tia ló.

Ta có thể hứng ảnh thật trên màn. Trái lại, với ảnh ảo, ta chỉ có thể quan sát bằng mắt, không thể hứng trên màn.



Hình 48.21 Ảnh A'B' của vật AB tạo bởi thấu kính hội tụ.

C2 Cho hai thấu kính hai mặt lồi, làm bằng thuỷ tinh có cùng chiết suất. Các thấu kính phồng, dẹt khác nhau. Thấu kính nào có khả năng làm hội tụ chùm tia sáng đi qua mạnh hơn ?

$$D = \frac{1}{f} \qquad (48.2)$$

Đơn vị của độ tụ là điôp (dp) (với tiêu cự f tính ra mét).

Với thấu kính hội tụ : $D > 0$.

Với thấu kính phân kì : $D < 0$.

• Công thức tính độ tụ của thấu kính là :

$$D = \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \qquad (48.3)$$

trong đó, n là chiết suất tỉ đối của vật liệu làm thấu kính đối với môi trường xung quanh thấu kính.

R_1, R_2 là bán kính của các mặt thấu kính.

– Quy ước : $R_1, R_2 > 0$ với các mặt lồi,

$R_1, R_2 < 0$ với các mặt lõm,

R_1 (hay R_2) $= \infty$ với mặt phẳng.

Một thấu kính có độ tụ D càng lớn thì có khả năng hội tụ chùm tia sáng đi qua càng mạnh. Thấu kính phân kì không làm hội tụ, mà ngược lại, làm phân kì chùm tia, nên có độ tụ âm.

6. Công thức thấu kính

a) Để thành lập công thức liên hệ giữa các vị trí của vật và ảnh, ta xét trường hợp vật thật, ảnh thật như trên Hình 48.21.

Xét các tam giác đồng dạng BIJ và FOJ, ta có :

$$\frac{OJ}{IJ} = \frac{OF}{IB}$$

Xét các tam giác đồng dạng $B'JI$ và $F'OI$, ta có :

$$\frac{OI}{JI} = \frac{OF'}{JB'}$$

Cộng hai phương trình vế với vế, ta được :

$$\frac{OJ + OI}{JI} = \frac{OF}{IB} + \frac{OF'}{JB'}$$

mà $OJ + OI = JI$, suy ra :

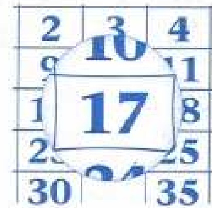
$$1 = \frac{OF}{IB} + \frac{OF'}{JB'}$$

hay

$$1 = OF'\left(\frac{1}{IB} + \frac{1}{JB'}\right)$$

suy ra $\frac{1}{IB} + \frac{1}{JB'} = \frac{1}{OF'}$

hay $\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{1}{OF'}$



Hình 48.22 Nhìn các chữ số qua một thấu kính hội tụ.

b) Để lập công thức liên hệ giữa các độ lớn của ảnh và vật ta chia vế với vế hai phương trình đầu tiên ở trên :

$$\frac{OJ}{OI} = \frac{JB'}{IB}$$

suy ra $\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$

c) Để tổng quát hoá các công thức trên, ta thay các khoảng cách hình học bằng các trị đại số với quy ước như sau :

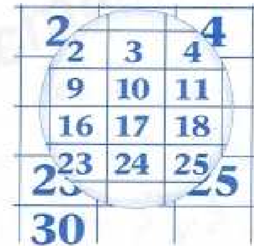
$$OA \rightarrow d\ ;\ OA' \rightarrow d'\ ;\ OF' \rightarrow f$$

$d > 0$ với vật thật.

$d' > 0$ với ảnh thật, $d' < 0$ với ảnh ảo.

$f > 0$ với thấu kính hội tụ.

$f < 0$ với thấu kính phân kì.



Hình 48.23 Nhìn các chữ số qua một thấu kính phân kì.

Ta được các công thức tổng quát sau, áp dụng cho mọi trường hợp, cho cả hai loại thấu kính hội tụ và phân kì :

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \qquad (48.4)$$

Số phóng đại được định nghĩa là :

$$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

Ta có : $$k = -\frac{d'}{d} \qquad (48.5)$$

Nếu ảnh và vật cùng chiều, $k > 0$.

Nếu ảnh và vật ngược chiều, $k < 0$.

Bài 48 (tiếp)

CÂU HỎI

1. Người ta có thể tạo ra lửa với một thấu kính. Khẳng định này đúng không ? Nếu đúng, hãy trình bày cách tạo ra lửa bằng cách sử dụng một thấu kính.
2. Độ tụ cho biết đặc trưng gì của thấu kính ?

BÀI TẬP

Chọn câu đúng từ bài 1 đến bài 7.

1. Nhìn qua một thấu kính hội tụ, ta thấy ảnh của vật thì ảnh đó
   A. luôn nhỏ hơn vật.
   B. luôn lớn hơn vật.
   C. có thể lớn hơn hay nhỏ hơn vật.
   D. luôn ngược chiều với vật.
2. Quan sát ảnh của một vật qua một thấu kính phân kì
   A. ta thấy ảnh lớn hơn vật.
   B. ta thấy ảnh nhỏ hơn vật.
   C. ảnh ngược chiều với vật.
   D. ảnh luôn luôn bằng vật.
3. A. Ảnh cho bởi thấu kính hội tụ luôn lớn hơn vật.
   B. Ảnh cho bởi thấu kính phân kì luôn lớn hơn vật.
   C. Với thấu kính hội tụ, vật thật luôn cho ảnh thật.
   D. Với thấu kính phân kì, vật thật luôn cho ảnh ảo.
4. Với một thấu kính :
   A. Số phóng đại $k > 1$.
   B. Số phóng đại $k < 1$.
   C. Số phóng đại $k \geq 1$.
   D. Số phóng đại $k > 1$ hoặc $k < 1$ hoặc $k = 1$.
5. A. Với thấu kính hội tụ, độ tụ $D < 0$.
   B. Với thấu kính phân kì : $D < 0$.
   C. Với thấu kính hội tụ : $D = 1$.
   D. Với thấu kính phân kì : $D \leq 1$.
6. Với thấu kính hội tụ :
   A. Độ tụ D càng lớn nếu hai mặt thấu kính càng cong.
   B. Độ tụ D càng lớn nếu hai mặt thấu kính càng ít cong.
   C. Độ tụ $D = 1$.
   D. Độ tụ $D < 1$.

Bài 48 (tiếp)

7. Với thấu kính hội tụ :

A. Khi vật thật cách thấu kính là $2f$ (f là tiêu cự) thì ảnh cũng cách thấu kính là $2f$.

B. Vật thật cho ảnh ảo.

C. Vật thật cho ảnh thật.

D. Ảnh và vật có độ lớn bằng nhau.

8. Chọn câu phát biểu **không** chính xác.

Với thấu kính phân kì :

A. Vật thật cho ảnh thật.

B. Vật thật cho ảnh ảo.

C. Tiêu cự $f < 0$.

D. Độ tụ $D < 0$.

9. Cho một thấu kính L có độ tụ D = 5 điôp. Xác định vị trí, tính chất và độ lớn ảnh của một vật AB cao 2 cm, vuông góc với trục chính, trong các trường hợp sau :

a) AB là vật thật, cách L là 30 cm.

b) AB là vật thật, cách L là 10 cm.

Hãy vẽ đường đi của tia sáng trong mỗi trường hợp.

10. Chiếu một chùm sáng hội tụ tới một thấu kính L. Cho biết chùm tia ló song song với trục chính của L.

a) Hỏi L là thấu kính loại gì ?

b) Điểm hội tụ của chùm sáng tới là một điểm ở sau thấu kính, cách L là 25 cm. Tìm tiêu cự và độ tụ của L.

c) Đặt vật AB = 2 cm vuông góc với trục chính và cách L 40 cm. Xác định ảnh của AB.

11. Cho hai thấu kính hội tụ L_1, L_2 lần lượt có các tiêu cự 20 cm và 25 cm, đồng trục, cách nhau một khoảng a = 80 cm. Vật AB = 2 cm, vuông góc với trục, ở trước hệ hai thấu kính và cách L_1 là 30 cm (L_1 ở trước L_2).

a) Hãy xác định các ảnh cho bởi hệ.

b) Làm lại câu trên nếu để L_2 sát với L_1.

12. Cho thấu kính L_1 độ tụ D_1 = 4 điôp, thấu kính L_2, độ tụ D_2 = –4 điôp, ghép đồng trục, cách nhau 60 cm.

a) Điểm sáng S ở trên trục của hệ, cách L_1 là 50 cm. Ánh sáng qua L_1 rồi qua L_2. Xác định vị trí, tính chất của ảnh cho bởi hệ.

b) Tìm khoảng cách giữa L_1 và L_2 để chùm tia ló ra khỏi hệ là chùm tia song song.

Bài 48 (tiếp)

Em có biết ?

SỰ PHẢN XẠ ÁNH SÁNG BỞI GƯƠNG CẦU

Gương cầu là một gương phản xạ ánh sáng, có dạng một chỏm cầu có độ cong bé. Có hai loại gương cầu : gương cầu lõm và gương cầu lồi. Các loại gương cầu có nhiều ứng dụng trong đời sống hằng ngày như : gương để khám răng, gương chiếu hậu, gương báo hiệu giao thông.

Khác với ở gương phẳng, ảnh và vật không đối xứng với nhau qua gương cầu ; do đó, ảnh có thể lớn hơn hay nhỏ hơn vật.

Ta có thể xác định vị trí của ảnh cho bởi gương cầu (lồi hoặc lõm) bằng công thức :

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \Rightarrow d' = \frac{df}{d-f}$$



Hình 48.24 Gương cầu lồi đặt ở đoạn đường cong nguy hiểm.

trong đó : d : khoảng cách từ vật tới gương cầu
d' : khoảng cách từ ảnh tới gương cầu
f : tiêu cự của gương ($|f| = OF = \frac{R}{2}$)

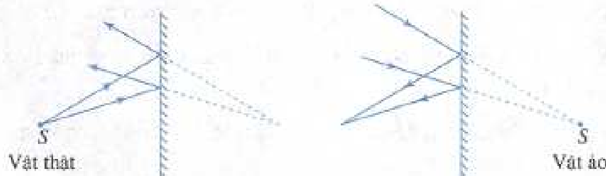
(Nếu vật cách gương một khoảng bằng f thì ảnh ở vô cực)

Ảnh có thể cùng chiều hay ngược chiều với vật.

Theo quy ước : $f > 0$ với gương cầu lõm
$f < 0$ với gương cầu lồi
$d' > 0$ nếu ảnh thật (ở trước gương)
$d' < 0$ nếu ảnh ảo (ở sau gương)

VẬT THẬT VÀ VẬT ẢO

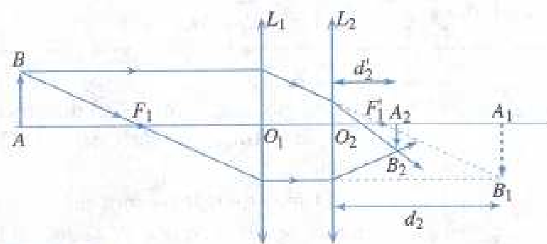
Trong các bài quang học trên, ta chỉ đề cập tới các vật thật khi xét các dụng cụ quang (gương, thấu kính,...). Với các vật thật, chùm tia sáng tới dụng cụ quang từ một điểm trên vật phải là chùm tia phân kì. Trong nhiều bài toán về quang hệ, ta còn gặp các trường hợp chùm tia tới một dụng cụ quang là một chùm tia hội tụ. Điểm gặp nhau của chùm tia tới này là một vật ảo đối với dụng cụ quang trên.



Hình 48.25 Vật thật và vật ảo đối với gương phẳng.

Bài 48 (tiếp)

Ta thử xét bài toán về một quang hệ gồm hai thấu kính hội tụ L_1 và L_2 ghép đồng trục với nhau như Hình 48.26.



Hình 48.26

Chùm tia từ B tới L_1 là chùm tia phân kì, vậy điểm B (và AB) là vật thật đối với L_1.

Chùm tia đi qua L_1, tới L_2 là chùm tia tới hội tụ ở B_1 (sau L_2), nên B_1 (và A_1B_1) là vật ảo đối với L_2 (A_1B_1 đồng thời là ảnh thật của AB đối với L_1).

A_2B_2 là ảnh cho bởi hệ thấu kính (L_1, L_2).

Với thấu kính L_2 (tiêu cự là f_2), ta có công thức :

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} = \frac{1}{f_2}$$

Quy ước về dấu đối với vật ảo và vật thật như sau :

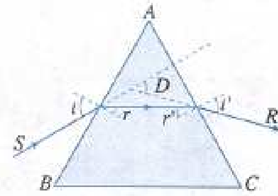
– với vật thật, khoảng cách d (từ vật tới thấu kính) > 0.

– với vật ảo, khoảng cách d < 0.

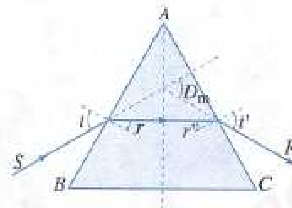
Trong trường hợp hình vẽ trên, vì A_1B_1 là vật ảo đối với L_2 nên $d_2 < 0$.

Bài 49. Bài tập về lăng kính và thấu kính mỏng

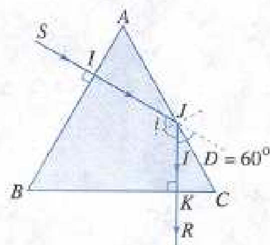
49 BÀI TẬP VỀ LĂNG KÍNH VÀ THẤU KÍNH MỎNG



Hình 49.1



Hình 49.2



Hình 49.3

1. Cho một lăng kính có tiết diện thẳng là một tam giác đều ABC, có chiết suất là 1,5 đặt trong không khí.

a) Chiếu tới mặt BA một chùm tia song song với góc tới là 60^o. Tìm góc ló và góc lệch của tia sáng khi đi qua lăng kính.

b) Cho góc tới thay đổi. Tìm góc tới để có độ lệch cực tiểu. Tính độ lệch cực tiểu này.

c) Tìm góc làm bởi tia sáng ló ra khỏi lăng kính và tia tới khi góc tới là 90^o.

Bài giải

a) Ta có (Hình 49.1) :

$$\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 60^o}{1,5} = 0,577$$

$$\Rightarrow r = 35^o17'$$

suy ra $r' = A - r = 60^o - 35^o17' = 24^o43'$

$$\sin i' = n\sin r' = 1,5\sin 24^o43' = 0,624$$

Vậy góc ló là $i' \approx 38^o40'$.

Góc lệch của chùm tia sáng :

$$D = i' + i - A$$

$$D = 38^o40'.$$

b) Khi có độ lệch cực tiểu, đường đi tia sáng đối xứng qua mặt phẳng phân giác của góc ở đỉnh (Hình 49.2).

Trong trường hợp này, ta có :

$$r = r' = \frac{A}{2} = 30^o$$

suy ra $\sin i = n\sin r = 1,5\sin 30^o = 0,75$

$$\Rightarrow i = 48^o40'$$

Độ lệch cực tiểu :

$$D_m = i' + i - A = 2i - A$$

$$D_m = 37^o20'$$

Bài 49 (tiếp)

c) Tia sáng đi thẳng qua mặt AB, tới mặt AC tại J với góc tới là $i = 60^0$ (Hình 49.3). Mà góc giới hạn là i_{gh} với $\sin i_{gh} = \frac{1}{1,5} = 0,667$ hay $i_{gh} = 42^0$.

Vậy ta có $i > i_{gh}$. Tia sáng bị phản xạ toàn phần tại J theo tia JK. Ta thấy JK vuông góc với đáy BC nên đi thẳng ra ngoài, không bị lệch.

Suy ra, góc làm bởi tia ló và tia tới là :

$$D = 60^0$$

2. Cho hai thấu kính được đặt đồng trục liên tiếp nhau : thấu kính hội tụ L_1, tiêu cự 25 cm và thấu kính phân kì L_2 với tiêu cự có chiều dài 25 cm. Hai thấu kính cách nhau là $a = 100$ cm. Một vật $AB = 1$ cm được đặt vuông góc với quang trục của hệ và cách L_1 là 40 cm.

a) Xác định ảnh A_1B_1 của AB tạo bởi chùm tia qua L_1.

b) Xác định ảnh A_2B_2 cho bởi L_2. Tính số phóng đại của ảnh cho bởi hệ hai thấu kính.

Bài giải

Sơ đồ tạo ảnh

$$AB \xrightarrow[d_1, d_1']{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2, d_2']{L_2} A_2B_2$$

a) Ảnh A_1B_1 cách L_1 là :

$$d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} \text{ với } d_1 = 40 \text{ cm, } f_1 = 25 \text{ cm}$$

$$d_1' = 66,7 \text{ cm} > 0 \text{ (ảnh thật)}$$

Số phóng đại :

$$k_1 = -\frac{d_1'}{d_1} - \frac{66,7}{40} = -1,67$$

Ảnh A_1B_1 ngược chiều với vật AB.

Độ lớn của ảnh $A_1B_1 = |k_1| AB \approx 1,7$ cm.

b) A_1B_1 là vật đối với thấu kính L_2, cách L_2 là :

$$d_2 = a - d_1' = 100 - 66,7 = 33,3 \text{ cm}$$

Ảnh của A_1B_1 cho bởi L_2 là A_2B_2, cách L_2 là :

$$d_2' = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} \text{ với } f_2 = -25 \text{ cm}$$

$$d_2' = -14,3 \text{cm} < 0 \text{ (ảnh ảo)}$$

Số phóng đại của ảnh A_2B_2 cho bởi L_2 là :

$$k_2 = -\frac{d_2'}{d_2} = -\frac{-14,3}{33,3} = 0,43$$

Bài 49 (tiếp)

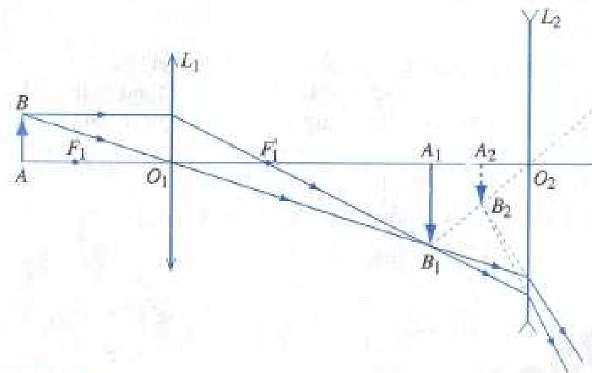
Độ phóng đại cho bởi hệ thấu kính là :

$$k = k_1k_2 = (-1{,}67).(0{,}43) = -0{,}7$$

Ảnh A_2B_2 ngược chiều với vật AB và có độ lớn là

$$A_2B_2 = |k|AB \approx 0{,}7 \text{ cm}$$

Đường đi tia sáng qua hệ thấu kính được mô tả trên Hình 49.4.



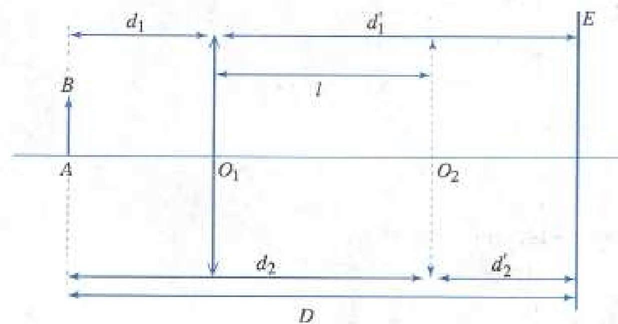
Hình 49.4

3. Vật sáng AB cách màn ảnh E một đoạn là D. Trong khoảng giữa vật AB và màn E, ta đặt một thấu kính hội tụ L. Xê dịch L dọc theo trục chính, ta được hai vị trí của L cách nhau một đoạn l để cho ảnh rõ trên màn E.

a) Tìm tiêu cự f của L theo D và l. Biện luận.

b) Tính f, cho biết D = 200 cm và l = 60 cm.

Bài giải



Hình 49.5

Bài 49 (tiếp)

a) Nhận xét công thức :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

Ta thấy công thức có tính đối xứng đối với d và d', nghĩa là, nếu ta hoán vị d và d' thì công thức không có gì thay đổi ; nói cách khác khi vật cách thấu kính là d thì ảnh cách thấu kính là d', ngược lại, nếu vật cách thấu kính là d' thì ảnh sẽ cách thấu kính là d. Vậy, ở hình vẽ trên, với O_1 và O_2 là hai vị trí của thấu kính để cho ảnh rõ trên màn, ta có :

$$d_1 = d_2' \quad \text{và} \quad d_1' = d_2$$

Vậy, ta có

$$d_1' + d_1 = D$$

$$d_1' - d_1 = l$$

$$\Rightarrow d_1' = \frac{D + l}{2}, \quad d_1 = \frac{D - l}{2}$$

Suy ra :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} = \frac{4D}{D^2 - l^2}$$

hay

$$f = \frac{D^2 - l^2}{4D}$$

Biện luận :

Từ kết quả trên ta tìm được :

$$D^2 - 4Df = l^2 > 0$$

hay

$$D^2 - 4Df = D(D - 4f) > 0$$

suy ra

$$D - 4f > 0$$

Vậy, trong thí nghiệm trên, ta phải để khoảng cách D từ vật AB tới màn E sao cho $D > 4f$. Nếu điều kiện này không thoả mãn, thí nghiệm không thể xảy ra như trên. Đặc biệt, nếu $l = 0$, ta chỉ có một vị trí của thấu kính để cho ảnh rõ trên màn E. Đó là trường hợp khoảng cách $D = 4f$.

b) Áp dụng bằng số : $D = 200$ cm, $l = 120$ cm.

Ta được $f = 32$ cm.

Bài 50. Mắt

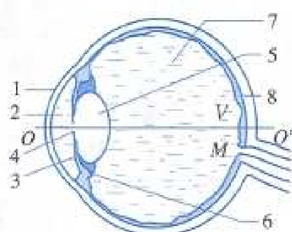
50 MẮT



Mặc dù các vật ở những khoảng cách khác nhau nhưng mắt vẫn nhìn thấy rõ. Tại sao lại như vậy ? Để trả lời câu hỏi đó, ta cần nghiên cứu xem mắt có cấu tạo và hoạt động như thế nào ?

1. Cấu tạo

Mắt được cấu tạo từ nhiều bộ phận như Hình 50.1. Về phương diện quang hình học, ta có thể coi hệ thống bao gồm các bộ phận cho ánh sáng truyền qua của mắt tương đương với một thấu kính hội tụ. Thấu kính tương đương này được gọi là *thấu kính mắt*. Thấu kính mắt có quang trục chính là đường OO' trên Hình 50.1. Tiêu cự của thấu kính mắt có thể thay đổi được khi độ cong của các mặt thể thuỷ tinh thay đổi nhờ sự co dãn của cơ vòng. Màng lưới (còn gọi là võng mạc) đóng vai trò như một màn ảnh, tại đó có các tế bào nhạy sáng nằm ở đầu các dây thần kinh thị giác, gồm các tế bào hình que nhạy với độ sáng, tối và các tế bào hình nón nhạy với màu sắc.

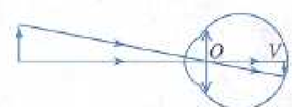


Hình 50.1 Cấu tạo của mắt.

1. Giác mạc ; 2. Thuỷ dịch ; 3. Màng mống mắt (Lòng đen) ; 4. Con ngươi ; 5. Thể thuỷ tinh ; 6. Cơ vòng ; 7. Dịch thuỷ tinh ; 8. Màng lưới.

Trên màng lưới, có một vùng nhỏ màu vàng, rất nhạy với ánh sáng, nằm gần giao điểm V giữa trục của mắt với màng lưới. Vùng này gọi là *điểm vàng*. Dưới điểm vàng một chút có *điểm mù M* hoàn toàn không cảm nhận được ánh sáng, vì tại đó các dây thần kinh phân nhánh và không có đầu dây thần kinh thị giác.

2. Sự điều tiết. Điểm cực cận và điểm cực viễn



Hình 50.2 Ảnh của vật hiện rõ trên màng lưới.

• Khoảng cách từ quang tâm của thấu kính mắt đến màng lưới (Hình 50.2) được coi là không đổi, chỉ có độ cong các mặt của thể thuỷ tinh là có thể thay đổi được để làm thay đổi độ tụ của thấu kính mắt. Vì sao với cấu tạo như vậy, mắt lại có thể nhìn rõ được các vật ở những khoảng cách khác nhau ? Mắt nhìn rõ vật khi ảnh của vật cho bởi thấu kính mắt hiện rõ trên màng lưới, ảnh này là ảnh thật, ngược chiều với vật (Hình 50.2). Nếu khoảng cách

Bài 50 (tiếp)

từ vật đến mắt thay đổi, thì muốn cho mắt nhìn rõ vật, tiêu cự của thấu kính mắt cần phải thay đổi sao cho ảnh của vật nằm trên màng lưới. Điều đó được thực hiện bằng cách thay đổi độ căng của cơ vòng, làm thay đổi độ cong các mặt thể thuỷ tinh.

Sự thay đổi độ cong các mặt của thể thuỷ tinh (dẫn đến sự thay đổi tiêu cự của thấu kính mắt) để giữ cho ảnh của vật cần quan sát hiện rõ trên màng lưới được gọi là sự điều tiết của mắt.

• Điểm xa nhất trên trục chính của mắt mà vật đặt tại đó thì ảnh của vật nằm trên màng lưới khi mắt không điều tiết gọi là *điểm cực viễn* (C_v). Đối với mắt không có tật, điểm cực viễn ở vô cực. Khi quan sát vật đặt ở điểm cực viễn, mắt không phải điều tiết, cơ vòng ở trạng thái nghỉ, nên mắt không mỏi. Trong trường hợp này, thể thuỷ tinh dẹt nhất (tức là tiêu cự của thấu kính mắt lớn nhất, độ tụ nhỏ nhất), tiêu điểm của thấu kính mắt nằm trên màng lưới ($f_{max} = OV$).

Vậy, *mắt không có tật* là mắt mà khi không điều tiết, thì tiêu điểm của thấu kính mắt nằm trên màng lưới.

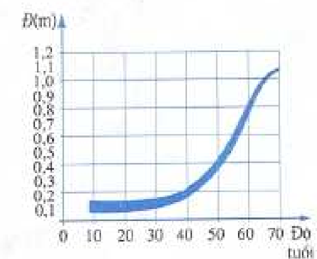
• Điểm gần nhất trên trục chính của mắt mà nếu vật đặt tại đó thì ảnh của vật nằm trên màng lưới khi mắt điều tiết cực đại được gọi là *điểm cực cận* (C_c). Khi nhìn vật ở điểm cực cận, thể thuỷ tinh căng phồng đến mức tối đa, tiêu cự của thấu kính mắt giảm đến mức nhỏ nhất. Khoảng cách từ điểm cực cận (C_c) đến mắt được gọi là *khoảng cực cận* của mắt và kí hiệu bằng chữ *Đ*. Độ lớn của khoảng này phụ thuộc vào độ tuổi (Hình 50.3). Nếu vật tiến lại gần mắt hơn thì thấu kính mắt sẽ không còn cho ảnh rõ nét của vật trên màng lưới được nữa.

Khi nhìn vật đặt ở điểm cực cận, mắt cần phải điều tiết mạnh nhất, do đó mắt rất chóng mỏi. Để mắt có thể nhìn được lâu và rõ (khi đọc sách, viết, nhìn vật qua dụng cụ quang học...) người ta thường đặt vật cách mắt cỡ 25 cm, tức là lớn hơn khoảng cách từ mắt đến điểm cực cận một chút.

Khoảng từ điểm cực cận (C_c) đến điểm cực viễn (C_v) gọi là *khoảng nhìn rõ của mắt*.

C1 Sự điều tiết của mắt để cho ảnh của vật hiện rõ trên màng lưới và sự điều chỉnh máy ảnh để cho ảnh của vật rõ nét trên phim có gì khác nhau ?

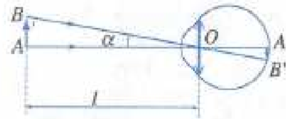
Vật mà ta nhìn thường có độ sáng rất khác nhau. Tuỳ theo cường độ của chùm sáng từ vật chiếu tới mắt, mà đường kính của con ngươi sẽ tự động thay đổi để điều chỉnh cường độ sáng chiếu vào thể thuỷ tinh. Ở ngoài nắng, con ngươi thu nhỏ lại, trong phòng tối, nó mở rộng ra. Ở màng lưới, các tế bào hình que nhạy với độ sáng, tối được kích thích ngay cả khi ánh sáng có cường độ sáng yếu chiếu tới. Các tế bào hình nón nhạy với màu sắc được kích thích khi ánh sáng màu có cường độ sáng tối thiểu nào đó trở lên. Sự kích thích ở hai loại tế bào này được truyền tới não và gây ra cảm giác về độ sáng và màu sắc của vật nhìn thấy.



Hình 50.3 Mối quan hệ giữa khoảng cực cận Đ của mắt bình thường với độ tuổi.

Đối với mọi người, *Đ* phụ thuộc vào độ tuổi. Tuổi càng cao, *Đ* càng lớn. Sở dĩ như vậy vì khi tuổi tăng, tính đàn hồi của thể thuỷ tinh giảm, các mặt của thể thuỷ tinh không thể cong nhiều như khi còn trẻ.

Bài 50 (tiếp)



Hình 50.4 Góc trông vật.

Khi góc trông nhỏ đến một giới hạn nào đó thì hai ảnh A' và B' của A và B trên màng lưới sẽ rất gần nhau và nằm trên cùng một đầu tế bào nhạy sáng. Khi đó mắt không còn phân biệt được hai điểm A và B nữa.

3. Góc trông vật và năng suất phân li của mắt

Điều kiện để mắt còn có thể phân biệt được hai điểm A, B không những phụ thuộc vào hai điểm đó có nằm trong khoảng nhìn rõ của mắt hay không mà còn phụ thuộc vào một đại lượng gọi là *góc trông* đoạn AB. Góc trông này tuỳ thuộc vào khoảng cách giữa hai điểm A, B và khoảng cách l từ AB tới mắt. Góc trông đoạn AB là góc α tạo bởi hai tia sáng xuất phát từ hai điểm A và B tới mắt. Nếu đoạn AB vuông góc với trục chính của mắt, ta có $\tan\alpha = \dfrac{AB}{l}$ (Hình 50.4).

Người ta định nghĩa *năng suất phân li* (kí hiệu ε) là góc trông nhỏ nhất α_{min} khi nhìn đoạn AB mà mắt còn có thể phân biệt được hai điểm A, B. Vậy muốn mắt phân biệt được A và B thì $\alpha \geq \alpha_{min}$.

Năng suất phân li phụ thuộc vào mắt của từng người. Đối với mắt bình thường

$$\varepsilon = \alpha_{min} \approx 1' \approx 3.10^{-4} \text{ rad}$$

4. Sự lưu ảnh của mắt

Sau khi ánh sáng kích thích trên màng lưới tắt, ảnh hưởng của nó vẫn còn kéo dài khoảng 0,1 s. Trong khoảng thời gian đó, ta vẫn còn cảm giác nhìn thấy vật. Đó là *sự lưu ảnh của mắt.*

Hiện tượng này được ứng dụng trong điện ảnh. Khi chiếu phim, cứ sau 0,033 s hay 0,04 s người ta lại chiếu một cảnh. Do hiện tượng lưu ảnh trên màng lưới nên người xem có cảm giác quá trình diễn ra là liên tục.

? CÂU HỎI

1. Tại sao mắt lại có thể nhìn rõ các vật ở các khoảng cách khác nhau ?
2. Hãy trình bày khái niệm điểm cực viễn, điểm cực cận và năng suất phân li.
3. Mắt không có tật có thể nhìn thấy rõ vật đặt cách mắt ở mọi khoảng cách không ? Vì sao ?

BÀI TẬP

1. Chọn phát biểu đúng.

   A. Về phương diện quang hình học, có thể coi mắt tương đương với một thấu kính hội tụ.

   B. Về phương diện quang hình học, có thể coi hệ thống bao gồm các bộ phận cho ánh sáng truyền qua của mắt tương đương với một thấu kính hội tụ.

   C. Về phương diện quang hình học, có thể coi hệ thống bao gồm giác mạc, thuỷ dịch, thể thuỷ tinh, dịch thuỷ tinh và màng lưới tương đương với một thấu kính hội tụ.

   D. Về phương diện quang hình học, có thể coi hệ thống bao gồm giác mạc, thuỷ dịch, thể thuỷ tinh, dịch thuỷ tinh, màng lưới và điểm vàng tương đương với một thấu kính hội tụ.

2. Chọn câu đúng.

   A. Sự điều tiết của mắt là sự thay đổi độ cong các mặt của thể thuỷ tinh để giữ cho ảnh của vật cần quan sát hiện rõ trên màng lưới.

   B. Sự điều tiết của mắt là sự thay đổi khoảng cách giữa thể thuỷ tinh và võng mạc để giữ cho ảnh của vật cần quan sát hiện rõ trên màng lưới.

   C. Sự điều tiết của mắt là sự thay đổi khoảng cách giữa thể thuỷ tinh và vật cần quan sát để giữ cho ảnh của vật cần quan sát hiện rõ trên màng lưới.

   D. Sự điều tiết của mắt là sự thay đổi cả độ cong các mặt của thể thuỷ tinh, khoảng cách giữa thể thuỷ tinh và màng lưới để giữ cho ảnh của vật cần quan sát hiện rõ trên màng lưới.

3. Trên một tờ giấy vẽ hai vạch cách nhau 1 mm (Hình 50.5). Đưa tờ giấy ra xa mắt dần cho đến khi thấy hai vạch đó như nằm trên một đường thẳng. Xác định gần đúng khoảng cách từ mắt đến tờ giấy và suy ra năng suất phân li của mắt mình.

Hình 50.5

Em có biết ?

Khi ta nhìn rõ một vật thì ảnh của vật phải nằm trên nhiều (ít nhất là ba) tế bào nhạy sáng cạnh nhau. Khoảng cách giữa hai tế bào loại này khoảng 2.10^{-3} mm. Như vậy, để nhìn rõ vật, thì ảnh của vật phải nằm ở một vùng trên màng lưới có đường kính không được nhỏ hơn 6.10^{-3} mm. Tương ứng với đường kính này thì góc trông có giá trị khoảng từ 40" đến 56", tức là gần một phút. Giá trị này phụ thuộc vào khoảng cách từ quang tâm thấu kính mắt đến màng lưới.

Bài 51. Các tật của mắt và cách khắc phục

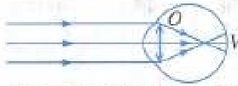
51 CÁC TẬT CỦA MẮT VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

Các tật thường gặp ở mắt là cận thị, viễn thị. Có cách nào khắc phục các tật đó không ?

1. Cận thị

a) Đặc điểm của mắt cận

Mắt cận là mắt nhìn xa kém hơn so với mắt bình thường. Điểm cực viễn (C_v) của mắt cận cách mắt một khoảng không lớn (cỡ 2 m trở lại, khoảng cách này phụ thuộc vào mắt bị cận nặng hay nhẹ).



Hình 51.1 Khi không điều tiết, thấu kính mắt của mắt cận có tiêu điểm nằm trước màng lưới.

Khi không điều tiết, thấu kính mắt của mắt cận có tiêu điểm nằm trước màng lưới (Hình 51.1).

Điểm cực cận (C_c) của mắt cận ở gần mắt hơn so với mắt bình thường.

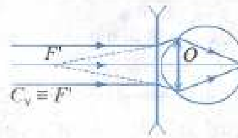
b) Cách khắc phục tật cận thị

Để mắt cận có thể nhìn rõ được vật ở xa như mắt thường, thì phải làm thế nào cho ảnh của vật qua thấu kính mắt hiện rõ trên màng lưới. Hiện nay có hai cách giải quyết :

- Dùng một thấu kính phân kì có độ tụ thích hợp đeo trước mắt hay gắn nó sát giác mạc.
- Phẫu thuật giác mạc làm thay đổi độ cong bề mặt giác mạc.

Trong thực tế, thường người cận thị hay chọn cách dùng thấu kính phân kì, vì cách này đơn giản.

Thấu kính phân kì được chọn sao cho, nếu người cận thị đeo kính thì ảnh của vật ở xa vô cực hiện lên trong khoảng nhìn rõ của mắt cận (tốt nhất là hiện lên tại điểm cực viễn của mắt để mắt cận nhìn rõ ảnh này mà không phải điều tiết).



Hình 51.2 Kính được chọn phù hợp phải có tiêu cự $f_K = -OC_V$.

Cần chọn thấu kính phân kì có tiêu cự bằng bao nhiêu để phù hợp với từng mắt cận nặng, nhẹ khác nhau ? Vì ảnh của vật ở xa vô cực sẽ hiện lên ở tiêu diện ảnh của kính, nên nếu đeo kính sát mắt thì phải chọn kính có tiêu cự f_k bằng khoảng cách từ quang tâm mắt đến điểm cực viễn (Hình 51.2) :

$$f_k = -OC_v$$

(dấu trừ ứng với thấu kính phân kì).

Khi đeo kính, điểm gần nhất nhìn thấy rõ sẽ ở xa hơn điểm cực cận khi không đeo kính.

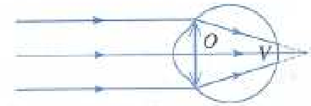
Bài 51 (tiếp)

2. Viễn thị

a) Đặc điểm của mắt viễn

Mắt viễn là mắt nhìn gần kém hơn so với mắt bình thường. So với mắt bình thường, điểm cực cận (C_c) của mắt viễn nằm xa mắt hơn. Khoảng cách này phụ thuộc vào mắt bị viễn nặng hay nhẹ.

Khi không điều tiết, thấu kính mắt của mắt viễn có tiêu điểm nằm sau màng lưới (Hình 51.3). Khi nhìn vật ở vô cực, mắt viễn đã phải điều tiết.



Hình 51.3 Khi không điều tiết, thấu kính mắt của mắt viễn có tiêu điểm nằm sau màng lưới.

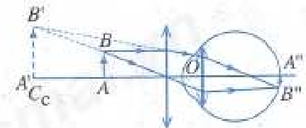
b) Cách khắc phục tật viễn thị

Để khắc phục tật viễn thị cũng có hai cách :

- Dùng một thấu kính hội tụ có độ tụ thích hợp đeo trước mắt hay gắn sát giác mạc.
- Phẫu thuật giác mạc làm thay đổi độ cong bề mặt giác mạc.

Cách dùng thấu kính hội tụ là đơn giản hơn.

Cần chọn kính sao cho khi đeo kính, mắt viễn nhìn được vật ở gần như mắt không có tật. Điều đó có nghĩa là ảnh của vật tạo bởi kính nằm ở điểm cực cận của mắt viễn. Ảnh này là ảnh ảo đối với kính, nằm xa mắt hơn vật (Hình 51.4).



Hình 51.4 Kính được chọn phù hợp sẽ cho ảnh nằm ở điểm cực cận của mắt, khi vật được đặt gần mắt như ở mắt thường.

Đeo kính như vậy thì khi mắt nhìn vật ở xa vô cực cũng đỡ phải điều tiết hơn (so với khi không đeo).

3. Lão thị

a) Đặc điểm của mắt lão

Lão thị là tật thông thường của mắt ở những người nhiều tuổi, thường từ 40 tuổi trở lên. Khi tuổi tăng, tính đàn hồi của thể thuỷ tinh giảm và cơ vòng không thể làm căng phồng thể thuỷ tinh lên như hồi trẻ, do vậy khoảng cực cận của mắt $Đ$ tăng lên, nghĩa là điểm cực cận C_c xa mắt hơn so với mắt bình thường (lúc trẻ). Cũng như mắt viễn, mắt lão nhìn gần kém hơn so với mắt bình thường.

b) Cách khắc phục *tật lão thị*

Để khắc phục tật lão thị cũng có thể có hai cách như ở tật viễn thị :

- Dùng một thấu kính hội tụ có độ tụ thích hợp đeo trước mắt hay gắn sát giác mạc.
- Phẫu thuật giác mạc làm thay đổi độ cong bề mặt giác mạc.

Do *tật lão thị* là tật thông thường đối với mọi người nhiều tuổi nên đối với những người hồi trẻ mắc tật cận thị phải đeo kính phân kì để nhìn xa thì khi về già mắc thêm tật lão thị, thì tuỳ theo mức độ nặng, nhẹ của tật lão thị, họ có thể phải đeo kính hội tụ để nhìn gần. Đối với những người này, tiện lợi nhất là dùng loại "kính hai tròng" có phần trên là kính phân kì, phần dưới là kính hội tụ.

Bài 51 (tiếp)

CÂU HỎI

1. Hãy nêu những đặc điểm của mắt cận và cách khắc phục tật cận thị.
2. Hãy nêu những đặc điểm của mắt viễn và cách khắc phục tật viễn thị.
3. Hãy nêu những đặc điểm của mắt lão và cách khắc phục tật lão thị.

BÀI TẬP

1. Trong trường hợp nào của các trường hợp sau, mắt nhìn thấy vật ở xa vô cực ?
   A. Mắt không có tật, không điều tiết.
   B. Mắt không có tật và điều tiết tối đa.
   C. Mắt cận không điều tiết.
   D. Mắt viễn không điều tiết.
2. Chọn câu đúng.
   Mắt lão nhìn thấy vật ở xa vô cùng khi
   A. đeo kính hội tụ và mắt không điều tiết.
   B. đeo kính phân kì và mắt không điều tiết.
   C. mắt không điều tiết.
   D. đeo kính lão.
3. Mắt cận có điểm cực viễn cách mắt 50 cm và điểm cực cận cách mắt 12,5 cm.
   a) Tính độ tụ của kính phải đeo để mắt thấy rõ vật ở xa vô cực.
   b) Khi đeo kính thì mắt sẽ nhìn rõ được vật đặt cách mắt gần nhất là bao nhiêu ?
   Kính đeo sát mắt, quang tâm của kính coi như trùng với quang tâm của mắt.
4. Mắt viễn nhìn rõ được vật đặt cách mắt gần nhất 40 cm. Tính độ tụ của kính phải đeo để có thể nhìn rõ vật đặt cách mắt gần nhất là 25 cm trong hai trường hợp :
   a) Kính đeo sát mắt.
   b) Kính đeo cách mắt 1 cm.

Em có biết ?

Để chọn kính cận cho phù hợp với mắt, trên thực tế, người cận thị phải đeo lần lượt những thấu kính phân kì, có giá trị tuyệt đối của độ tụ tăng dần và quan sát dòng chữ từ to đến nhỏ, trên một bảng đặt cách mắt khoảng 5 m. Khi nhìn rõ một cách thoải mái dòng chữ tương ứng ở mức độ 10/10 thì ta đã chọn được kính phù hợp. Lúc đó, coi như đã đạt yêu cầu nhìn vật ở xa vô cực mà không phải điều tiết. Đọc giá trị độ tụ ghi trên kính, ta biết được số kính.

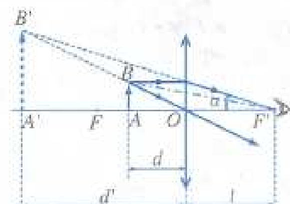
Để chọn kính cho mắt viễn hay mắt lão, ta phải đeo lần lượt các kính hội tụ và nhìn vật (thường là nhìn các dòng chữ trong các trang sách) đặt cách mắt một khoảng bình thường như những mắt không bị tật, sao cho mắt viễn có thể nhìn đọc được chữ thoải mái.

Để phòng tránh tật cận thị cho mắt, cần phải đảm bảo điều kiện vệ sinh cho mắt khi làm việc, ví dụ như đọc sách trong điều kiện đủ sáng, mắt đặt cách sách khoảng 25 cm.

Bài 52. Kính lúp

52 KÍNH LÚP

1. Kính lúp và công dụng



Hình 52.1 Nhìn vật qua kính lúp. Góc trông ảnh A'B' của vật AB khi nhìn qua kính lúp lớn hơn góc trông vật AB khi nhìn trực tiếp bằng mắt.

Trong nhiều trường hợp, nếu vật quá nhỏ thì ngay cả khi vật ở điểm cực cận, mắt cũng không thể thấy rõ vật, vì khi đó góc trông vật nhỏ hơn α_{min}.

Có dụng cụ quang nào tạo ra ảnh của vật để mắt nhìn thấy ảnh đó dưới một góc trông $\alpha \geq \alpha_{min}$ không ?

Quang cụ đó là thấu kính hội tụ có tiêu cự nhỏ (cỡ vài xentimét). Khi đó vật phải được đặt cách thấu kính một khoảng nhỏ hơn tiêu cự (Hình 52.1).

Thấu kính hội tụ dùng trong trường hợp này được gọi là *kính lúp*. Kính lúp là quang cụ bổ trợ cho mắt, có tác dụng làm tăng góc trông bằng cách tạo ra một ảnh ảo cùng chiều, lớn hơn vật.

2. Cách ngắm chừng ở điểm cực cận và cách ngắm chừng ở vô cực

Muốn quan sát rõ một vật qua kính, ta phải điều chỉnh vị trí của vật hoặc kính để sao cho ảnh của vật hiện trong khoảng nhìn rõ của mắt. Cách quan sát và điều chỉnh như vậy gọi là *cách ngắm chừng*.

Khi ngắm chừng, nếu điều chỉnh kính sao cho ảnh hiện lên ở điểm cực cận (C_c) thì đó là *ngắm chừng ở điểm cực cận*. Trong trường hợp này thuỷ tinh thể phải phồng nhiều nhất (mắt điều tiết cực đại) nên rất mỏi mắt. Để đỡ mỏi mắt, người ta thường điều chỉnh sao cho ảnh nằm ở điểm cực viễn (C_v). Cách đó được gọi là *ngắm chừng ở điểm cực viễn*. Đối với mắt không có tật, do điểm cực viễn nằm ở vô cực, nên ngắm chừng ở điểm cực viễn gọi là *ngắm chừng ở vô cực*.

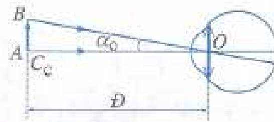
3. Số bội giác của kính lúp

Đối với các dụng cụ quang như kính lúp và kính hiển vi, tỉ số giữa góc trông ảnh qua dụng cụ quang (α) với góc trông trực tiếp vật (α_0) khi vật đặt ở điểm cực cận của mắt được gọi là *số bội giác* (G) :

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} \qquad (52.1)$$

Vì các góc α và α_0 đều rất nhỏ, nên để dễ tính toán, có thể thay các góc bằng tan của chúng. Khi đó :

Bài 52 (tiếp)



Hình 52.2 Mắt nhìn vật trực tiếp dưới góc trông α_0.

$$G = \frac{\tan\alpha}{\tan\alpha_0} \qquad (52.2)$$

Theo Hình 52.2, ta có :

$$\tan\alpha_0 = \frac{AB}{Đ}$$

với $Đ = OC_c$ là khoảng cực cận của mắt (khoảng cách từ mắt đến điểm cực cận).

Ở Hình 52.1, nếu gọi l là khoảng cách từ mắt đến kính và d' là khoảng cách từ ảnh $A'B'$ đến kính ($d' < 0$), thì ta có :

$$\tan\alpha = \frac{A'B'}{|d'| + l}$$

Do đó : $$G = \frac{\tan\alpha}{\tan\alpha_0} = \left(\frac{A'B'}{AB}\right)\frac{Đ}{|d'| + l}$$

$$G = k\frac{Đ}{|d'| + l} \qquad (52.3)$$

Ở biểu thức này k là số phóng đại cho bởi kính lúp.

Từ biểu thức trên, ta thấy giá trị số bội giác G của kính lúp phụ thuộc vào mắt người quan sát, tức là phụ thuộc $Đ$ và tuỳ thuộc vào sự điều chỉnh kính lúp.

Khi ngắm chừng ở điểm cực cận, ta có $|d'| + l = Đ$, do đó :

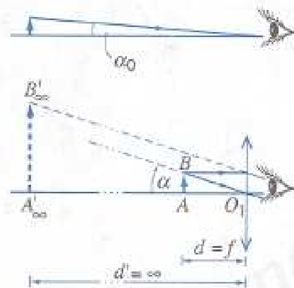
$$G_c = k \qquad (52.4)$$

Khi ngắm chừng ở vô cực, thì vật cần quan sát được đặt ở tiêu điểm vật của kính lúp, ảnh $A'B'$ ở vô cực, các tia ló ra khỏi kính là các tia song song. Vì vậy, nếu đặt mắt ở bất kì vị trí nào sau kính thì góc trông ảnh $A'B'$ luôn có giá trị không đổi là α. Trong trường hợp này ta có :

$$\tan\alpha = \frac{AB}{O_1F} = \frac{AB}{f}$$

và suy ra : $$G_\infty = \frac{Đ}{f} \qquad (52.5)$$

Khi ngắm chừng ở vô cực, mắt không phải điều tiết và số bội giác của kính không phụ thuộc vào vị trí đặt mắt (so với kính).



Hình 52.3 Khi mắt nhìn vật qua kính lúp, góc trông tăng lên nhiều lần.

C1 Hãy cho biết, muốn có G_∞ lớn thì phải chọn kính lúp có đặc điểm như thế nào ?

Để so sánh số bội giác của các kính lúp, người ta quy định lấy $Đ$ = 0,25 m. Kính lúp có tiêu cự f thì giá trị G_∞ của nó sẽ là :

$$G_\infty = \frac{0{,}25}{f}$$

với f đo bằng mét.

Đối với các kính lúp thông dụng, G_∞ thường có giá trị từ 2,5 đến 25. Giá trị này thường được ghi ngay trên vành kính, ví dụ như : x2,5 ; x8 ...

Bài 52 (tiếp)

CÂU HỎI

1. Hãy nêu tác dụng của kính lúp và cách ngắm chừng ảnh của vật qua kính lúp.
2. Hãy trình bày khái niệm về số bội giác của kính lúp.
3. Hãy thiết lập công thức số bội giác của kính lúp trong trường hợp ngắm chừng ở điểm cực cận và ngắm chừng ở vô cực.

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.

   A. Kính lúp là dụng cụ quang tạo ra ảnh thật, cùng chiều của vật để mắt nhìn thấy ảnh đó dưới một góc trông $\alpha \geq \alpha_{min}$ (α_{min} là năng suất phân li của mắt).

   B. Kính lúp là dụng cụ quang tạo ra ảnh thật, ngược chiều của vật để mắt nhìn thấy ảnh đó dưới một góc trông $\alpha \geq \alpha_{min}$ (α_{min} là năng suất phân li của mắt).

   C. Kính lúp là dụng cụ quang tạo ra ảnh ảo, ngược chiều của vật để mắt nhìn thấy ảnh đó dưới một góc trông $\alpha \geq \alpha_{min}$ (α_{min} là năng suất phân li của mắt).

   D. Kính lúp là dụng cụ quang tạo ra ảnh ảo, cùng chiều của vật để mắt nhìn thấy ảnh đó dưới một góc trông $\alpha \geq \alpha_{min}$ (α_{min} là năng suất phân li của mắt).

2. Trên vành của một kính lúp có ghi x10. Đáp số nào sau đây là đúng khi nói về tiêu cự f của kính lúp này ?

   A. f = 5 cm.

   B. f = 10 cm.

   C. f = 25 cm.

   D. f = 2,5 cm.

3. Dùng một thấu kính có độ tụ +10 điôp để làm kính lúp.

   a) Tính số bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực.

   b) Tính số bội giác của kính và số phóng đại khi ngắm chừng ở điểm cực cận.

   Cho khoảng cách nhìn rõ ngắn nhất của mắt là 25 cm. Mắt coi như đặt sát kính.

4. Một người cận thị có khoảng cách từ mắt đến điểm cực cận là 10 cm và đến điểm cực viễn là 50 cm, quan sát một vật nhỏ qua kính lúp có độ tụ là +10 điôp. Mắt đặt sát sau kính.

   a) Phải đặt vật trong khoảng nào trước kính ?

   b) Tính số bội giác của kính lúp với mắt của người ấy và số phóng đại của ảnh trong các trường hợp sau :

   – Ngắm chừng ở điểm cực viễn.

   – Ngắm chừng ở điểm cực cận.

Bài 53. Kính hiển vi

53 KÍNH HIỂN VI



Kính hiển vi cổ.

Kính hiển vi là hệ hai thấu kính ghép đồng trục. Khi dựng ảnh của vật qua quang hệ, ta coi ảnh của vật qua thấu kính trước là vật đối với thấu kính sau. Cách dựng ảnh này cũng áp dụng cho quang hệ gồm nhiều dụng cụ quang khác nhau.

C1 Nếu sử dụng thị kính như một kính lúp để quan sát ảnh A_1B_1, thì A_1B_1 phải được đặt ở đâu ?

Kính lúp có số bội giác lớn nhất cỡ vài chục. Để nhìn rõ các vật rất nhỏ, ví dụ như vi khuẩn, cần phải có các dụng cụ quang có số bội giác cỡ hàng trăm hay hàng nghìn. Từ các linh kiện quang đã biết, ta có thể đưa ra nguyên tắc cấu tạo của một dụng cụ quang có số bội giác lớn hơn nhiều lần so với số bội giác của kính lúp, đó là kính hiển vi.

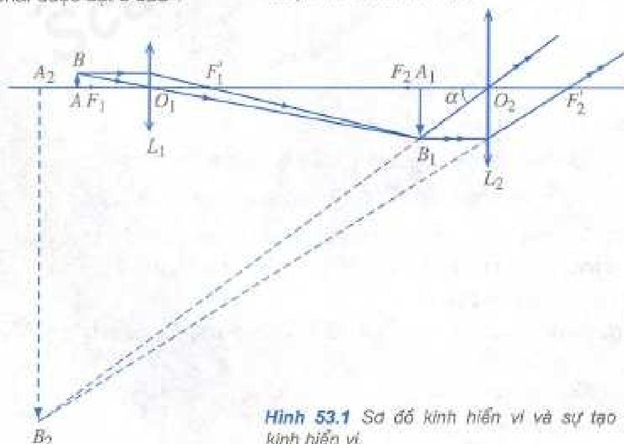
1. Nguyên tắc cấu tạo kính hiển vi

Để có góc trông ảnh của vật lớn hơn góc trông vật trực tiếp nhiều lần, người ta dùng một hệ gồm hai thấu kính hội tụ. Thấu kính thứ nhất cho ta ảnh thật của vật được phóng đại. Thấu kính thứ hai dùng làm kính lúp để quan sát ảnh này. Kết quả là mắt nhìn thấy ảnh cuối cùng của vật dưới góc trông lớn hơn góc trông trực tiếp (Hình 53.1).

Người ta gọi dụng cụ được ghép bởi hai thấu kính hội tụ như vậy là *kính hiển vi*.

Nó là dụng cụ quang bổ trợ cho mắt quan sát những vật rất nhỏ. Kính hiển vi có số bội giác lớn hơn nhiều lần số bội giác của kính lúp.

Sơ đồ kính hiển vi và vị trí ảnh của vật qua kính được vẽ ở Hình 53.1.



Hình 53.1 Sơ đồ kính hiển vi và sự tạo ảnh của vật qua kính hiển vi.

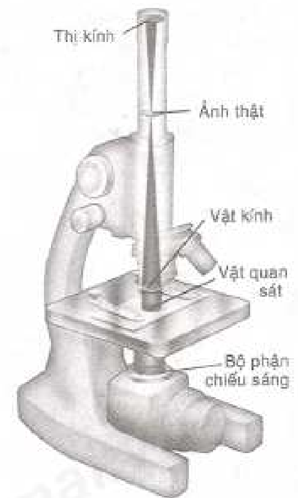
Bài 53 (tiếp)

2. Cấu tạo và cách ngắm chừng

a) Cấu tạo

Kính hiển vi (Hình 53.2) gồm hai bộ phận chính là *vật kính* (còn gọi là *kính vật*) và *thị kính* (còn gọi là *kính mắt*). Hai thấu kính được đặt đồng trục ở hai đầu của một ống hình trụ ; khoảng cách giữa chúng không đổi. Ngoài ra, còn có bộ phận chiếu sáng vật cần quan sát.

Vật kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự rất ngắn, khoảng vài milimét, dùng để tạo ra một ảnh thật, lớn hơn vật nhiều lần. Thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự vài xentimét, được dùng như một kính lúp để quan sát ảnh thật nêu trên.



Hình 53.2 Cấu tạo kính hiển vi.

Khi quan sát ảnh A_2B_2, mắt đặt sát sau thị kính. Quang tâm O của mắt coi như trùng với quang tâm O_2 của thị kính.

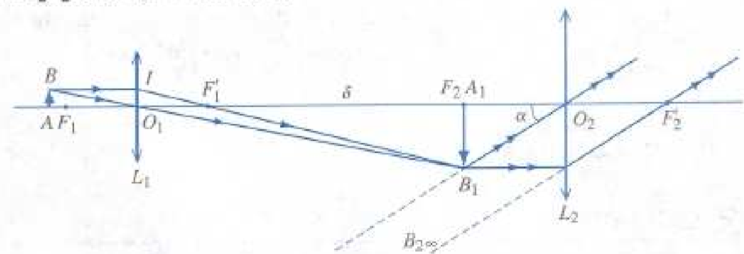
Để ngắm chừng ảnh A_2B_2 ở vô cực, thì ảnh A_1B_1 phải nằm ở tiêu điểm vật F_2 của thị kính.

b) Ngắm chừng

Vật cần quan sát AB được đặt cách quang tâm vật kính một khoảng lớn hơn tiêu cự nhưng rất gần tiêu điểm vật của vật kính. Qua vật kính, ta thu được ảnh thật A_1B_1 lớn gấp $|k_1|$ lần vật AB. Thị kính được sử dụng như một kính lúp để quan sát ảnh A_1B_1. Khi đó, thị kính cho ta ảnh ảo cuối cùng A_2B_2 rất lớn, ngược chiều với vật AB (Hình 53.1).

Để nhìn rõ ảnh A_2B_2, ta phải thay đổi khoảng cách d_1 giữa vật và vật kính sao cho ảnh này nằm trong khoảng nhìn rõ của mắt. Khi đó, khoảng cách d_2 từ ảnh A_2B_2 đến thị kính cũng sẽ thay đổi.

Để cho đỡ mỏi mắt, cần điều chỉnh để ngắm chừng ảnh A_2B_2 ở vô cực (Hình 53.3).



Hình 53.3 Ngắm chừng ở vô cực.

Tóm lại, muốn ngắm chừng ở kính hiển vi, ta phải thay đổi khoảng cách d_1 giữa vật và vật kính bằng cách đưa toàn bộ ống kính lên hay xuống sao cho mắt nhìn thấy ảnh A_2B_2 của vật rõ nhất.

Bài 53 (tiếp)

3. Số bội giác của kính hiển vi

Khi ngắm chừng ở vô cực theo Hình 53.3, ta có :

$$\tan\alpha = \frac{A_1B_1}{O_2F_2} = \frac{A_1B_1}{f_2}$$

Còn $$\tan\alpha_0 = \frac{AB}{Đ}$$

Do đó, số bội giác của kính trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực là :

$$G_\infty = \frac{\tan\alpha}{\tan\alpha_0} = \left(\frac{A_1B_1}{AB}\right)\left(\frac{Đ}{f_2}\right)$$

hay $$G_\infty = |k_1|\, G_2$$

Như vậy, số bội giác G_∞ của kính hiển vi trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực bằng tích của số phóng đại $|k_1|$ của ảnh A_1B_1 qua vật kính với số bội giác G_2 của thị kính.

Để xem số bội giác G_∞ phụ thuộc như thế nào vào tiêu cự của vật kính và thị kính, ta xét hai tam giác đồng dạng $A_1B_1F_1'$ và O_1IF_1' trên Hình 53.3. Ta có :

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{A_1B_1}{O_1I} = \frac{F_1'F_2}{O_1F_1'} = \frac{\delta}{f_1}$$

với $\delta = F_1'F_2$. Khoảng cách δ từ tiêu điểm ảnh của vật kính đến tiêu điểm vật của thị kính gọi là *độ dài quang học của kính hiển vi.*

Vậy : $$G_\infty = \frac{\delta Đ}{f_1 f_2} \qquad (53.1)$$

Hai số liệu $|k_1|$ và G_2 thường được ghi ngay trên vành đỡ của vật kính và thị kính, ví dụ : x 50 ; x 100.



Hình 53.4 Kính hiển vi hiện đại.

Muốn cho kính hiển vi có số bội giác lớn, thì tiêu cự của vật kính và thị kính phải nhỏ.

Ta có thể xây dựng biểu thức tính số bội giác G của kính trong trường hợp tổng quát như sau :

Từ Hình 53.1, ta có :

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{\tan\alpha}{\tan\alpha_0} = \frac{A_2B_2}{|d_2'| + l}\cdot\frac{Đ}{AB}$$

$$= \frac{A_2B_2}{|d_2'| + l}\cdot\frac{A_1B_1}{A_1B_1}\cdot\frac{Đ}{AB}$$

$$= \frac{A_1B_1}{AB}\cdot\frac{A_2B_2}{A_1B_1}\cdot\frac{Đ}{|d_2'| + l}$$

$$= |k_1| k_2 . \frac{Đ}{|d_2'| + l}$$

Theo (52.3), suy ra $G = |k_1| . G_2$.

CÂU HỎI

1. Hãy trình bày cấu tạo và giải thích tác dụng của kính hiển vi.
2. Hãy nêu cách ngắm chừng đối với kính hiển vi.
3. Hãy thiết lập các công thức về số bội giác của kính hiển vi trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực.


BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.

Để điều chỉnh kính hiển vi khi ngắm chừng phải

A. thay đổi khoảng cách giữa vật và vật kính bằng cách đưa toàn bộ ống kính lên hay xuống sao cho nhìn thấy ảnh của vật to và rõ nhất.

B. thay đổi khoảng cách giữa vật và vật kính bằng cách giữ nguyên toàn bộ ống kính, đưa vật lại gần vật kính sao cho nhìn thấy ảnh của vật to và rõ nhất.

C. thay đổi khoảng cách giữa vật kính và thị kính sao cho nhìn thấy ảnh của vật to và rõ nhất.

D. thay đổi khoảng cách giữa vật và thị kính sao cho nhìn thấy ảnh của vật to và rõ nhất.

2. Chọn câu đúng.

Công thức về số bội giác của kính hiển vi trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực là :

A. $G_\infty = \frac{2\delta.Đ}{f_1.f_2}$. B. $G_\infty = \frac{\delta.Đ}{2f_1.f_2}$. C. $G_\infty = \frac{f_1.f_2}{\delta.Đ}$. D. $G_\infty = \frac{\delta.Đ}{f_1.f_2}$.

3. Một kính hiển vi có vật kính với tiêu cự f_1 = 1 cm và thị kính với tiêu cự f_2 = 4 cm. Hai thấu kính cách nhau 17 cm.

Tính số bội giác của kính trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực. Lấy $Đ$ = 25 cm.

4. Một kính hiển vi có vật kính với tiêu cự f_1 = 4 mm, thị kính với tiêu cự f_2 = 20 mm và độ dài quang học δ = 156 mm. Người quan sát có mắt bình thường với điểm cực cận cách mắt một khoảng $Đ$ = 250 mm. Mắt đặt tại tiêu điểm ảnh của thị kính. Hãy xác định :

a) Khoảng cách từ vật đến vật kính trong trường hợp ngắm chừng này.

b) Số bội giác trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực.

c) Góc trông ảnh, biết AB = 2 μm.

Em có biết ?

Kính hiển vi nói trong bài là kính hiển vi quang học, ở đó, người ta dùng ánh sáng khả kiến để chiếu sáng vật cần quan sát. Kính hiển vi quang học có số bội giác lớn nhất khoảng 2 000.

Từ năm 1930, người ta đã chế tạo ra kính hiển vi điện tử. Trong dụng cụ này, người ta dùng các chùm tia điện tử để "chiếu sáng" vật quan sát (Hình 53.5). Số bội giác của kính hiển vi điện tử có thể tới một triệu.



Hình 53.5 Kính hiển vi điện tử.

Bài 54. Kính thiên văn

54 KÍNH THIÊN VĂN



Kính thiên văn khúc xạ dùng trong trường học.

C1 Mộc tinh là hành tinh lớn nhất trong hệ Mặt Trời, có đường kính tại xích đạo khoảng 143 000 km. Khi Mộc tinh cách xa Trái Đất 630 000 000 km, từ Trái Đất, nhìn bằng mắt thường có thể thấy rõ Mộc tinh không ? Tại sao ?

C2 Linh kiện quang thứ nhất trong kính thiên văn có thể là các loại linh kiện nào ? Khi vật *AB* coi như ở xa vô cùng, nếu ta nhìn nó qua linh kiện này, thì ảnh A_1B_1 của nó sẽ nằm ở đâu và có tính chất gì ?

C3 Linh kiện quang thứ hai có thể là các loại linh kiện nào ? Khi nhìn A_1B_1 qua linh kiện quang thứ hai, để thấy ảnh cuối cùng dưới góc trông lớn thì A_1B_1 phải được đặt ở vị trí nào ?

Trong nghiên cứu thiên văn, để quan sát rõ các thiên thể ở rất xa Trái Đất, cần phải tạo ra một loại dụng cụ quang hỗ trợ cho mắt sao cho khi nhìn thiên thể qua dụng cụ đó, sẽ thấy ảnh của thiên thể dưới góc trông lớn hơn rất nhiều lần so với khi nhìn trực tiếp bằng mắt. Về nguyên tắc, dụng cụ quang đó có thể được cấu tạo như thế nào ?

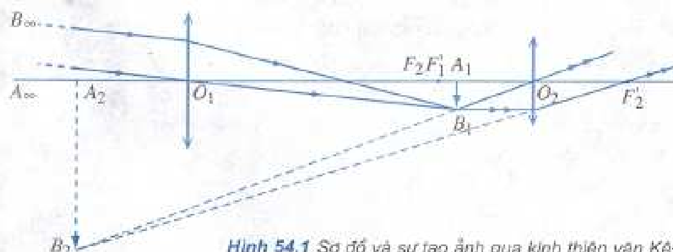
1. Nguyên tắc cấu tạo của kính thiên văn

Khi nhìn thiên thể ở xa, muốn tăng góc trông thì trước hết phải tạo được một ảnh thật của nó ở vị trí gần, nhờ linh kiện quang thứ nhất. Sau đó nhìn ảnh này qua linh kiện quang thứ hai để thấy ảnh cuối cùng dưới một góc trông lớn hơn.

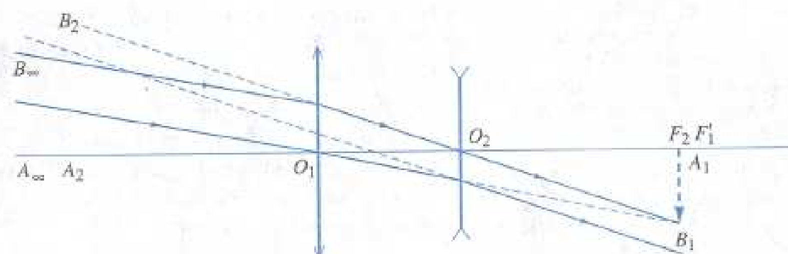
Với nguyên tắc cấu tạo như thế, có thể đưa ra nhiều mô hình của dụng cụ quang mà khi nhìn thiên thể qua dụng cụ quang sẽ thấy ảnh dưới góc trông lớn hơn.

Dụng cụ quang có chức năng như trên gọi là *kính thiên văn*. Kính thiên văn là dụng cụ quang bổ trợ cho mắt quan sát các vật ở rất xa bằng cách tạo ảnh có góc trông lớn hơn góc trông vật nhiều lần. Kính thiên văn, trong đó người ta dùng thấu kính để nhận ánh sáng từ vật chiếu đến, được gọi là *kính thiên văn khúc xạ* (Hình 54.1 và 54.2). Còn kính thiên văn, mà trong đó người ta dùng gương để nhận ánh sáng từ vật chiếu đến, được gọi là *kính thiên văn phản xạ* (Hình 54.4).

Dưới đây nghiên cứu kính thiên văn khúc xạ.



Hình 54.1 Sơ đồ và sự tạo ảnh qua kính thiên văn Kê-ple.



Hình 54.2 Sơ đồ của ống nhòm Ga-li-lê và sự tạo ảnh của vật qua ống nhòm.

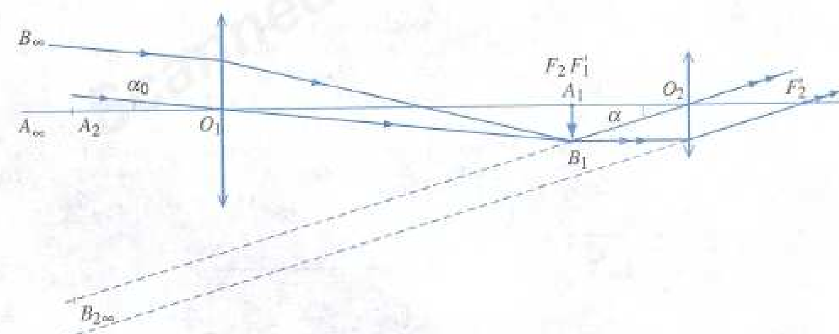
2. Cấu tạo và cách ngắm chừng

Bộ phận chủ yếu của kính thiên văn khúc xạ thường dùng gồm hai thấu kính hội tụ. *Vật kính* có tiêu cự lớn. *Thị kính* có tiêu cự nhỏ. Hai kính được lắp đồng trục ở hai đầu của một ống hình trụ. Khoảng cách giữa chúng có thể thay đổi được.

Khi ta hướng ống kính về phía vật cần quan sát AB coi như ở xa vô cực, vật kính cho một ảnh thật A_1B_1 nằm ở tiêu diện ảnh của vật kính. Thị kính cho ảnh cuối cùng A_2B_2 là một ảnh ảo, ngược chiều với vật AB (Hình 54.3).

Dụng cụ quang được nêu ở Hình 54.2 có cấu tạo theo nguyên tắc kính thiên văn khúc xạ, gồm một thấu kính hội tụ và một thấu kính phân kì. Nó được gọi là ống nhòm Ga-li-lê. Ảnh qua ống nhòm Ga-li-lê cùng chiều với vật.

C4 Hãy so sánh cấu tạo của kính thiên văn khúc xạ và kính hiển vi.



Hình 54.3 Sơ đồ kính thiên văn khúc xạ và sự tạo ảnh khi ngắm chừng ở vô cực.

Muốn quan sát được ảnh A_2B_2, cần đặt mắt sát sau thị kính và thay đổi khoảng cách O_1O_2 giữa vật kính và thị kính (bằng cách dịch chuyển thị kính) sao cho ảnh A_2B_2 nằm trong khoảng nhìn rõ của mắt.

Bài 54 (tiếp)

Để có ảnh cuối cùng là một ảnh cùng chiều với vật, cần đặt trong khoảng giữa vật kính và thị kính một cặp lăng kính phản xạ toàn phần, mỗi lăng kính có tiết diện là tam giác vuông cân.

C5 Hãy so sánh cách điều chỉnh kính khi ngắm chừng ở kính thiên văn khúc xạ và kính hiển vi. Tại sao lại có sự khác nhau đó ?

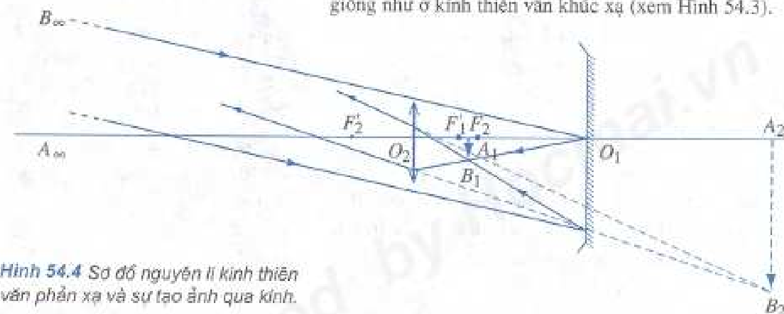
Để ngắm chừng ở vô cực, phải điều chỉnh kính sao cho ảnh A_1B_1 nằm ở tiêu điểm vật F_2 của thị kính. Khi đó, tiêu điểm ảnh F'_1 của vật kính sẽ trùng với tiêu điểm vật F_2 của thị kính. Ta có $O_1O_2 = f_1 + f_2$.

Tóm lại, muốn ngắm chừng ta phải dịch chuyển thị kính để thay đổi khoảng cách O_1O_2 giữa vật kính và thị kính, sao cho nhìn thấy ảnh A_2B_2 nằm trong khoảng nhìn rõ của mắt.

Kính thiên văn phản xạ

Ở kính thiên văn phản xạ, vật kính là một gương lõm, thường là gương parabol.

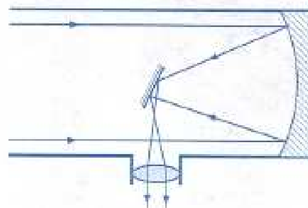
Ngắm chừng ở kính thiên văn phản xạ, về nguyên tắc, cũng giống như ở kính thiên văn khúc xạ (xem Hình 54.3).



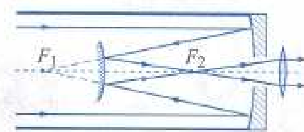
Hình 54.4 Sơ đồ nguyên lí kính thiên văn phản xạ và sự tạo ảnh qua kính.

Trong thực tế, ở các kính thiên văn phản xạ, các tia sau khi phản xạ tại gương lõm, sẽ đi tới và được phản xạ, đổi hướng tại một gương khác để đi đến thị kính (Hình 54.5a, b).

Kính thiên văn phản xạ có nhiều ưu điểm hơn kính thiên văn khúc xạ. Một trong những ưu điểm đó là, để có thể quan sát được các ngôi sao ở xa, người ta tăng đường kính của gương nhằm làm cho gương thu được nhiều tia sáng từ các ngôi sao ở xa ấy.



a) Sơ đồ mặt cắt kính thiên văn Niu-tơn.



b) Sơ đồ mặt cắt kính thiên văn Ca-xơ-granh (Cassegrain).

Hình 54.5 Kính thiên văn phản xạ.

3. Số bội giác của kính thiên văn

Trong trường hợp kính thiên văn, α_0 là góc trông trực tiếp vật nhưng vật không nằm ở điểm cực cận của mắt (vì không thể đưa vật lại gần mắt được).

Từ Hình 54.3 ta thấy, trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực, α (góc trông ảnh cuối cùng qua kính) là góc $A_1O_2B_1$, còn α_0 (góc trông vật AB khi không dùng kính) bằng góc $A_1O_1B_1$. Do đó :

$$\tan\alpha = \frac{A_1B_1}{f_2}, \text{ còn } \tan\alpha_0 = \frac{A_1B_1}{f_1}$$

Số bội giác có giá trị :

$$G_\infty = \frac{\tan\alpha}{\tan\alpha_0} = \frac{f_1}{f_2} \quad (54.1)$$

Như vậy, **số bội giác G_∞ của kính thiên văn khúc xạ trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực bằng tỉ số của tiêu cự vật kính f_1 và tiêu cự thị kính f_2.**

Muốn cho số bội giác của kính thiên văn khúc xạ lớn, thì tiêu cự của vật kính phải lớn và tiêu cự của thị kính phải nhỏ.

Trong thực tế, f_1 cỡ vài chục xentimét đến vài mét, f_2 cỡ vài xentimét.

CÂU HỎI

1. Kính thiên văn dùng để làm gì ? Tại sao kính thiên văn có thể làm được việc đó ?
2. Hãy trình bày cấu tạo của kính thiên văn khúc xạ.
3. Hãy trình bày cách ngắm chừng ở kính thiên văn khúc xạ. Cho biết cách điều chỉnh kính khi ngắm chừng ở kính hiển vi và ở kính thiên văn khúc xạ. Giữa hai cách có điểm gì khác nhau ?
4. Hãy thiết lập công thức về số bội giác của kính thiên văn khúc xạ trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực.

BÀI TẬP

1. Trong các trường hợp sau, trường hợp nào sử dụng kính thiên văn khúc xạ để quan sát rõ vật là đúng ?
   A. Thay đổi khoảng cách giữa vật kính và thị kính bằng cách giữ nguyên vật kính, dịch chuyển thị kính sao cho nhìn thấy ảnh của vật to và rõ nhất.
   B. Thay đổi khoảng cách giữa vật và kính bằng cách dịch chuyển kính so với vật sao cho nhìn thấy ảnh của vật to và rõ nhất.
   C. Thay đổi khoảng cách giữa vật kính và thị kính bằng cách giữ nguyên thị kính, dịch chuyển vật kính sao cho nhìn thấy ảnh của vật to và rõ nhất.
   D. Dịch chuyển thích hợp cả vật kính và thị kính sao cho nhìn thấy ảnh của vật to và rõ nhất.
2. Vật kính của một kính thiên văn học sinh có tiêu cự f_1 = 1,2 m ; thị kính là thấu kính hội tụ có tiêu cự f_2 = 4 cm. Tính khoảng cách giữa hai thấu kính và số bội giác của kính thiên văn trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực.

3. Một kính thiên văn khúc xạ được điều chỉnh cho một người có mắt bình thường nhìn được ảnh rõ nét của vật ở vô cực mà không phải điều tiết. Khi đó vật kính và thị kính cách nhau 62 cm và số bội giác $G = 30$.

a) Xác định tiêu cự của vật kính và thị kính.

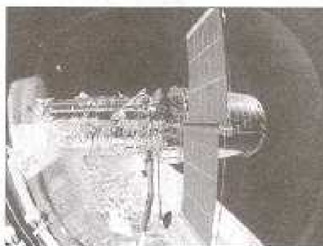
b) Vật quan sát là Mặt Trăng có góc trông $\alpha_0 = \left(\frac{1}{100}\right)$ rad. Tính đường kính của ảnh Mặt Trăng cho bởi vật kính.

4. Năm 1610, Ga-li-lê đã quan sát thấy 4 vệ tinh của Mộc tinh. Ganymede là một trong 4 vệ tinh đó và là vệ tinh lớn nhất trong số các vệ tinh của các hành tinh trong hệ Mặt Trời. Đường kính xích đạo của nó khoảng 5 262 km. Nếu Ga-li-lê muốn quan sát thấy vệ tinh này khi nó cách xa Trái Đất là 630 000 000 km thì ông phải dùng kính thiên văn có số bội giác ít nhất là bao nhiêu ?

Em có biết ?



Hình 54.6 Kính thiên văn phản xạ Keck.



Hình 54.7 Kính thiên văn Hớp-bơn ngoài khí quyển.

Kính thiên văn được nghiên cứu ở trên là kính thiên văn quang. Sở dĩ gọi tên như vậy vì ở kính này, ánh sáng từ vật được quan sát chiếu đến kính là ánh sáng nhìn thấy. Kính thiên văn quang lớn nhất hiện nay là kính thiên văn Keck, nó được đặt tại đài quan sát Mauna Kea, Ha-oai. Đường kính gương phản xạ của kính Keck là 1016 cm (Hình 54.6).

Ở kính thiên văn quang, để nâng cao chất lượng ảnh quan sát, cần phải khắc phục hiện tượng cầu sai (đối với gương và thấu kính) và sắc sai (đối với thấu kính). Ánh sáng trắng là sự hợp thành bởi nhiều ánh sáng màu khác nhau. Chiếu một chùm sáng trắng hẹp song song với trục chính của thấu kính hội tụ, thì sau khi qua thấu kính, chùm sáng không hội tụ tại một điểm mà hội tụ tại nhiều điểm gần nhau trên trục chính. Mỗi điểm hội tụ đó ứng với một màu trong chùm sáng trắng. Hiện tượng đó được gọi là sắc sai.

Ngày nay, người ta dùng các loại kính thiên văn vô tuyến, kính thiên văn hồng ngoại, kính thiên văn tử ngoại, kính thiên văn tia X, tia gamma. Chúng thu nhận các loại tia này phát ra từ vật quan sát để tạo ảnh.

Bài 55. Bài tập về dụng cụ quang

55 BÀI TẬP VỀ DỤNG CỤ QUANG

1. Vật sáng AB nằm trong mặt phẳng P song song với màn ảnh M và cách M một khoảng 2 m. Đặt giữa vật sáng và M một thấu kính hội tụ L có tiêu cự $f = \frac{3}{8}$ m. Trục chính của thấu kính vuông góc với các mặt phẳng P và M và đi qua điểm A của vật sáng AB.

a) Có mấy vị trí của thấu kính cho phép hứng được ảnh $A'B'$ của AB rõ nét trên màn M ? Xác định khoảng cách giữa các vị trí của thấu kính đến màn M. Tính số phóng đại trong từng trường hợp.

b) Nếu chỉ có một vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn, thì tiêu cự f của thấu kính phải bằng bao nhiêu ?

c) Thay màn M bằng một gương phẳng G có mặt phản xạ hướng về phía thấu kính. Thay đổi vị trí thấu kính sao cho tiêu diện của nó trùng với mặt phẳng P mà vật sáng AB nằm trong mặt phẳng đó. Hãy vẽ và xác định vị trí ảnh $A'B'$ của AB cho bởi hệ thấu kính và gương.

Bài giải :

a) Sơ đồ tạo ảnh qua L

Để tóm tắt một cách trực quan các điều kiện đã cho và điều phải tìm đối với một bài toán quang, người ta đưa ra sơ đồ tạo ảnh qua từng dụng cụ quang, hay qua toàn bộ quang hệ.

Ở sơ đồ này, ta cần dựa vào các yếu tố đã biết về vật, dụng cụ quang, hay hệ quang và ảnh, cùng với các quan hệ giữa chúng. Ví dụ như :

$$AB \xrightarrow[d]{} L \xrightarrow[d']{} A'B', \text{ trong đó } d + d' = 2 \text{ m.}$$

Ta có $\quad d + d' = 2$ m

và
$$d = \frac{d'f}{d'-f} = \frac{\frac{3}{8}d'}{d'-\frac{3}{8}} = \frac{3d'}{8d'-3}$$

Vậy
$$\frac{3d'}{8d'-3} + d' = 2 \Rightarrow 3d' + (8d'-3)(d'-2) = 0 \Rightarrow 4d'^2 - 8d' + 3 = 0$$

Giải phương trình cho ta 2 nghiệm d' ứng với 2 khoảng cách từ thấu kính đến màn :

$$d' = \frac{4 \pm 2}{4} = 1{,}5 \text{ m và } 0{,}5 \text{ m.}$$

Độ phóng đại :

Với $\quad d_1' = 1{,}5 \text{ m} \Rightarrow d_1 = 0{,}5 \text{ m cho } k_1 = \frac{-1{,}5}{0{,}5} = -3$

Với $\quad d_2' = 0{,}5 \text{ m} \Rightarrow d_2 = 1{,}5 \text{ m cho } k_2 = -\frac{0{,}5}{1{,}5} = -\frac{1}{3}$

Bài 55 (tiếp)

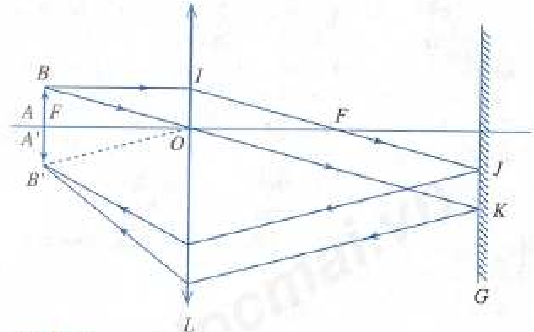
b) Xác định giá trị của f khi chỉ có một vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn.

Để chỉ có một vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn thì phương trình bậc hai theo d' ở trên phải cho nghiệm kép.

Từ $\quad d + d' = 2m \Rightarrow \dfrac{d'f}{d'-f} + d' = 2 \Rightarrow d'^2 - 2d' + 2f = 0.$

Vậy $\quad \Delta' = 1 - 2f = 0 \Rightarrow f = 0,5$ m.

c) Vẽ ảnh $A'B'$ của AB



Hình 55.1

Từ B vẽ 2 tia : Tia BI song song trục chính đi qua tiêu điểm ảnh F' đến gương G, tia BO qua quang tâm đến gương G. Do vật AB đặt tại mặt phẳng tiêu diện của thấu kính nên ánh sáng từ B đi qua thấu kính ló ra một chùm song song đi đến G, phản xạ tại G, chùm phản xạ đối xứng với phương BO qua phương song song với trục chính. Mặt khác, chùm phản xạ cũng là chùm song song, nên sau khi qua thấu kính, sẽ hội tụ tại B' trên mặt phẳng tiêu diện và đối xứng với B qua trục chính. Tóm lại, ảnh $A'B'$ là ảnh thật, cũng nằm trên tiêu diện của thấu kính, ngược chiều và có độ lớn bằng AB (Hình 55.1).

2. Một mắt cận thị về già, khi điều tiết tối đa, độ tụ chỉ tăng thêm 1 điốp so với khi mắt không điều tiết.

a) Xác định vị trí điểm cực cận. Biết điểm cực viễn cách mắt 2 m và khoảng cách từ quang tâm của mắt đến võng mạc là $OV = 15$ mm.

b) Tính độ tụ của kính L_1 để khi đeo kính cách mắt 2 cm, mắt nhìn rõ vật ở vô cực không phải điều tiết.

c) Để nhìn gần, người ta gắn thêm một kính L_2 sát L_1 và nằm ở nửa dưới L_1 để tạo thành kính hai tròng. Tính độ tụ của L_2 để khi nhìn qua hệ L_1, L_2 thấy vật đặt cách mắt 25 cm mà cũng không phải điều tiết.

Bài giải

a) Xác định vị trí điểm cực cận

Xác định độ tụ của mắt lúc chưa điều tiết (D_0).

Sơ đồ tạo ảnh (vật ở điểm cực viễn) :

$$AB \xrightarrow[d=2\text{ m}]{} \text{mắt} \xrightarrow[d'=0{,}015\text{ m}]{} A'B'$$

Bài 55 (tiếp)

$$D_0 = \frac{1}{f_0} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow D_0 = \frac{1}{2} + \frac{1}{0,015} \approx 67,2 \text{ điôp}$$

Xác định độ tụ của mắt lúc điều tiết tối đa (D) :

$$D = 1 + D_0 \Rightarrow D = 1 + 67,2 = 68,2 \text{ điôp}$$

Xác định vị trí điểm cực cận :

Sơ đồ tạo ảnh (vật ở điểm cực cận)

$$AB \xrightarrow[d?]{} \underset{D=68,2}{\text{mắt}} \xrightarrow[d'=0,015\text{m}]{} A'B'$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} = D \Rightarrow \frac{1}{d} + 66,7 = 68,2$$

$$d = \frac{1}{1,5} \text{ m} = 66,7 \text{ cm}$$

Điểm cực cận của mắt cận thị về già xa mắt hơn so với khi còn trẻ vì khả năng điều tiết của mắt về già kém.

b) Tính độ tụ của kính L_1

Kính L_1 phải có tiêu điểm ảnh F' ở điểm cực viễn của mắt, nghĩa là F' trước mắt 2 m = 200 cm, hay trước kính 200 cm – 2 cm = 198 cm.

Vậy L_1 có tiêu cự $f_1 = -198$ cm, là thấu kính phân kì.

Độ tụ của $L_1 = \dfrac{1}{-1,98} \approx -0,51$ điôp.

c) Tính độ tụ của kính L_2

Ta coi như thấu kính L_2 được ghép sát với L_1. Quang tâm của hai thấu kính này coi như trùng nhau. Khi đó ta có thể thay hệ hai thấu kính ghép sát này bằng một thấu kính tương đương có độ tụ D bằng tổng độ tụ D_1, D_2 của các thấu kính của hệ.

$$D = D_1 + D_2$$

Công thức này được chứng minh như sau :

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ hai thấu kính :

$$AB \xrightarrow[d_1]{} L_1 \xrightarrow[d_1']{} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{} L_2 \xrightarrow[d_2']{} A_2B_2$$

Sơ đồ tạo ảnh qua thấu kính tương đương :

$$AB \xrightarrow[d_1]{} L \xrightarrow[d_2']{} A_2B_2$$

Các phương trình đối với hệ hai thấu kính :

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} \qquad (1)$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} \qquad (2)$$

Bài 55 (tiếp)

$$d_1' + d_2 = \overline{O_1O_2} = 0 \quad (3)$$

Phương trình đối với thấu kính tương đương :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2'} \quad (4)$$

Từ (1) và (2) suy ra :

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} = \frac{1}{d_1} + \left(\frac{d_2 + d_1'}{d_1'd_2}\right) + \frac{1}{d_2'} \quad (5)$$

Từ (3) và (5) suy ra :

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2'} \quad (6)$$

Vế phải của (6) trùng với vế phải của (4) nên :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow D = D_1 + D_2$$

Mắt nhìn vật cách mắt 25 cm (tức là cách kính 25 cm – 2 cm = 23 cm) mà không phải điều tiết, nghĩa là ảnh của vật qua kính "hai tròng" phải nằm ở điểm cực viễn của mắt, cách mắt 200 cm (cách kính 198 cm).

Sơ đồ tạo ảnh (vật ở điểm cực cận) :

$$AB \xrightarrow{d = 23\text{ cm}} \underset{\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}}{\text{kính ghép}} \xrightarrow{d' = -198\text{ cm}} A'B'$$

Vậy $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \rightarrow \frac{1}{23} + \frac{1}{-198} = \frac{1}{-198} + \frac{1}{f_2} \rightarrow f_2 = 23$ cm

L_2 có tiêu cự $f_2 = 23$ cm, là kính hội tụ.

Độ tụ của L_2 là $D_2 = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{0,23} \approx 4,3$ điốp.

3. Một kính hiển vi có vật kính với tiêu cự $f_1 = 3$ mm, thị kính với tiêu cự $f_2 = 25$ mm và độ dài quang học $\delta = 16$ cm. Người ta đặt một tấm phim ảnh vuông góc với quang trục của hệ, cách thị kính 20 cm.

a) Cần đặt vật AB ở vị trí nào trước vật kính để ảnh cuối cùng của nó ghi được rõ nét trên phim.

b) Tính số phóng đại k.

Bài giải

a) Xác định vị trí đặt vật AB

Khoảng cách hai kính là :

$$O_1O_2 = \delta + (f_1 + f_2) = 16 \text{ cm} + 0,3 \text{ cm} + 2,5 \text{ cm} = 18,8 \text{ cm}.$$

Sơ đồ tạo ảnh :

$$AB \xrightarrow[d_1]{} L_1 \xrightarrow[d_1']{} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{} L_2 \xrightarrow[d_2']{} A_2B_2$$

A_2B_2 rõ nét trên phim nên $d_2' = 20$ cm.

$$d_2 = \frac{20.2,5}{20 - 2,5} = 2,86 \text{ cm}$$

A_1B_1 ở trước O_2 một khoảng 2,86 cm nên ở sau O_1 là 18,8 cm – 2,86 cm = 15,94 cm. A_1B_1 là ảnh thật của L_1, với $d'_1 = 15,94$ cm.

$$d_1 = \frac{15,94.0,3}{15,94 - 0,3} \approx 0,306 \text{ cm}$$

Vật AB cần đặt trước vật kính một khoảng là 0,306 cm.

b) Tính số phóng đại k

$$|k| = |k_1.k_2| = \left|\frac{d'_1}{d_1}.\frac{d'_2}{d_2}\right| \approx 364$$

Số phóng đại $k \approx 364$.

4. Một kính thiên văn có vật kính với độ tụ 0,5 điôp. Thị kính cho phép nhìn một vật cao 1 mm đặt trong tiêu diện vật dưới một góc là 0,05 rad.

a) Tìm tiêu cự của thị kính.

b) Tính số bội giác của kính thiên văn lúc ngắm chừng ở vô cực.

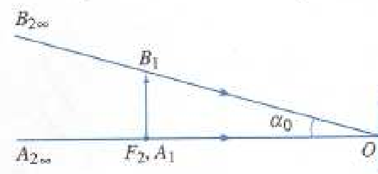
c) Tính khoảng cách giữa hai điểm trên Mặt Trăng, nếu góc trông hai điểm này nhìn qua kính là 4'. Coi khoảng cách từ Trái Đất tới Mặt Trăng là 400 000 km.

Bài giải

a) Tìm tiêu cự của thị kính

Vật A_1B_1 đặt tại tiêu điểm vật F_2 của thị kính, A_2B_2 ở vô cực (Hình 55.2).

$$\tan\alpha_0 = \frac{A_1B_1}{f_2} \approx \alpha_0 \Rightarrow f_2 = \frac{A_1B_1}{\alpha_0} = \frac{0,1}{0,05} = 2 \text{ cm}$$



Hình 55.2

Bài 55 (tiếp)

b) Tính số bội giác lúc ngắm chừng ở vô cực

$$f_1 = \frac{1}{0,5}\,\text{m} = 200\,\text{cm}$$

$$G_\infty = \frac{f_1}{f_2} = \frac{200}{2} = 100.$$

c) Tính khoảng cách giữa hai điểm trên Mặt Trăng

$$G_\infty = \frac{\alpha}{\alpha_0} = 100 \Rightarrow \alpha_0 = \frac{\alpha}{100}$$

$$\alpha = 4' = 1,16.10^{-3}\text{rad} \rightarrow \alpha_0 = 1,16.10^{-5}\ \text{rad}$$



Hình 55.3

Hình 55.3 cho thấy :

$$\tan\alpha_0 = \frac{AB}{OB} \approx \alpha_0$$

$$OB = 400\ 000\ \text{km}$$

$$AB = \alpha_0.OB = 1,16.10^{-5}\ .\ 4.10^{5}\ \text{km} = 4,64\ \text{km}.$$

Bài 56. Thực hành: Xác định chiết suất của nước và tiêu cự của thấu kính phân kì

56 Thực hành : XÁC ĐỊNH CHIẾT SUẤT CỦA NƯỚC VÀ TIÊU CỰ CỦA THẤU KÍNH PHÂN KÌ

1. Mục đích

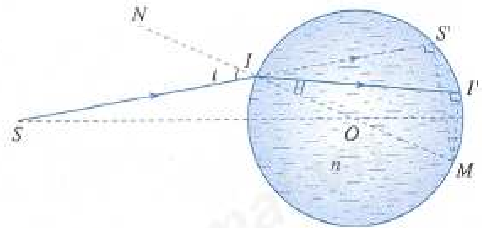
• Xác định chiết suất của nước và tiêu cự của thấu kính phân kì.

• Rèn luyện kĩ năng sử dụng, lắp ráp, bố trí các linh kiện quang và kĩ năng tìm ảnh của vật cho bởi thấu kính.

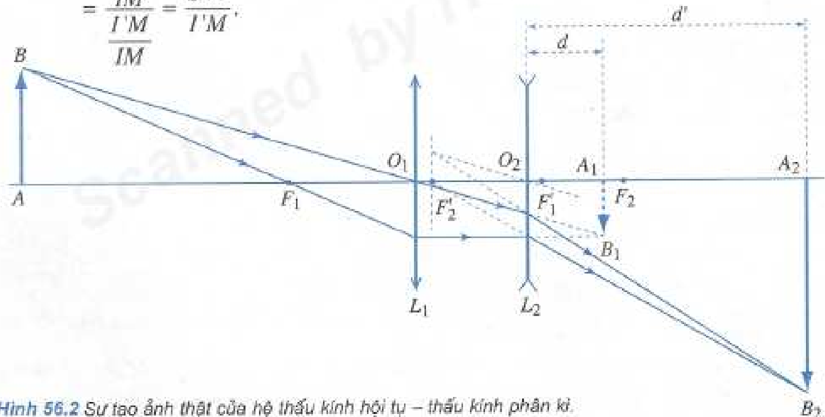
2. Cơ sở lí thuyết

• Xét sự khúc xạ của tia tới SI nằm trong mặt phẳng vuông góc với thành cốc hình trụ chứa nước (Hình 56.1), ta tính được chiết suất của nước :

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \widehat{S'IM}}{\sin \widehat{I'IM}} = \frac{\frac{S'M}{IM}}{\frac{I'M}{IM}} = \frac{S'M}{I'M}.$$



Hình 56.1 Sự khúc xạ của tia tới SI tại thành cốc nước.



Hình 56.2 Sự tạo ảnh thật của hệ thấu kính hội tụ – thấu kính phân kì.

• Để xác định tiêu cự của thấu kính phân kì, ta ghép nó đồng trục với thấu kính hội tụ sao cho vị trí ảnh thật A_1B_1 của vật AB cho bởi thấu kính hội tụ nằm ở phía sau thấu kính phân kì và nằm trong tiêu cự vật của thấu kính phân kì. Khi đó, ta thu được ảnh thật A_2B_2 trên màn (Hình 56.2). Tiêu cự f của thấu kính phân kì được xác định theo công thức : $f = \frac{dd'}{d + d'}$.

Bài 56 (tiếp)

3. Phương án thí nghiệm

a) Xác định chiết suất của nước

• Dụng cụ thí nghiệm

– Một cốc thuỷ tinh hình trụ thành mỏng 500 ml, đường kính 80 mm.

– Băng dính sẫm màu rộng 50 mm.

– Dao có lưỡi mỏng.

– Nến và diêm.

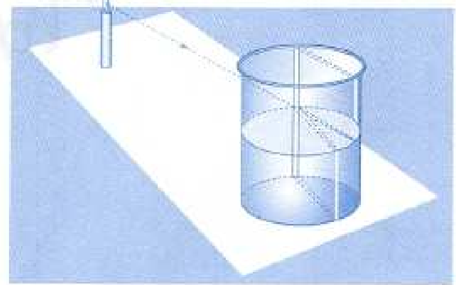
– Thước chia đến milimét.

– Bút chì và giấy trắng.

• Tiến trình thí nghiệm

– Dán băng dính sẫm màu bao quanh thành ngoài của cốc và rạch trên băng dính một khe hẹp rộng khoảng 2 mm, dọc theo đường sinh của cốc. Đổ nước vào chừng nửa cốc.

– Đặt ngọn nến đang cháy và cốc nước lên trên tờ giấy ở mặt bàn, cách nhau 20 cm. Xoay cốc nước sao cho chỉ có một vết sáng trên băng dính đối diện với khe hẹp.



Hình 56.3 Xác định chiết suất của nước đựng trong cốc.

Vẽ đường viền chu vi đáy cốc lên tờ giấy. Đánh dấu hình chiếu M của vết sáng trên chu vi đáy cốc.

– Xoay cốc đi một góc khoảng 30^o (Hình 56.3). Đánh dấu các vị trí I, M và các hình chiếu S', I' của hai vết sáng ở thành cốc lên đường viền chu vi đáy cốc ở tờ giấy (Hình 56.1).

– Lặp lại hai lần bước thí nghiệm trên bằng cách tiếp tục xoay cốc đi một chút. Đánh dấu các vị trí I, M, S', I' tương ứng ở mỗi lần thí nghiệm lên đường viền chu vi đáy cốc ở tờ giấy.

– Bỏ cốc nước và ngọn nến ra. Đo từng cặp các đoạn $S'M$, $I'M$ tương ứng và ghi vào bảng số liệu.

– Tính và ghi vào bảng số liệu giá trị chiết suất của nước theo công thức $n = \frac{S'M}{I'M}$.

– Tính $\overline{n}$ và Δn.

b) Xác định tiêu cự của thấu kính phân kì

• Dụng cụ thí nghiệm

– Một băng quang học dài 1 000 mm, có gắn thước thẳng chia đến milimét.

– Một thấu kính hội tụ.

– Một thấu kính phân kì.

– Một đèn chiếu sáng 6 V – 8 W và các dây dẫn.

– Một nguồn điện 6 V – 3 A.

– Vật *AB* có dạng hình số 1 nằm trong lỗ tròn của tấm nhựa.

– Màn ảnh.

– Năm đế trượt để cắm đèn, vật, hai thấu kính và màn ảnh.

• Tiến trình thí nghiệm

– Bố trí đèn, vật, thấu kính hội tụ và màn ảnh sao cho thu được ảnh rõ nét nhất có kích thước nhỏ hơn vật trên màn. Đánh dấu vị trí của ảnh trên băng quang học.

– Đặt thấu kính phân kì vào trước màn và cách màn một khoảng d = 50 mm. Dịch dần màn ra xa thấu kính phân kì tới vị trí thu được ảnh rõ nét nhất trên màn (Hình 56.4).



Hình 56.4 Xác định tiêu cự của thấu kính phân kì.

Đo và ghi vào bảng số liệu các khoảng cách d, d'. Tính tiêu cự của thấu kính phân kì theo công thức $f = \frac{dd'}{d + d'}$ và ghi vào bảng số liệu.

– Lặp lại bước thí nghiệm này hai lần với những giá trị d gần với giá trị d ở trên. Tính f trong từng lần thí nghiệm.

– Tính $\overline{f}$ và Δf.

4. Báo cáo thí nghiệm

a) Mục đích thí nghiệm.

b) Cơ sở lí thuyết.

c) Tiến trình thí nghiệm.

d) Kết quả thí nghiệm.

– Xác định chiết suất của nước

Bảng 56.1

Lần thí nghiệm	$S'M$ (mm)	$I'M$ (mm)	$n = \frac{S'M}{I'M}$
1			
2			
3			

$$\overline{n} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} = ... \qquad \Delta n = \frac{n_{max} - n_{min}}{2} = ...$$

$$n = \overline{n} \pm \Delta n = ...$$

– Xác định tiêu cự của thấu kính phân kì

Bảng 56.2

Lần thí nghiệm	d (mm)	d' (mm)	f (mm)
1			
2			
3			

$$\overline{f} = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{3} = ... \qquad \Delta f = \frac{f_{max} - f_{min}}{2} = ...$$

$$f = \overline{f} \pm \Delta f = ...$$

e) Nhận xét kết quả thí nghiệm

CÂU HỎI

1. Vì sao ở thí nghiệm xác định chiết suất của nước, cốc đựng nước phải có thành mỏng, đường kính lớn và được xoay với các góc quanh 30° ?
2. Ngoài phương án đã làm, em còn biết những phương án nào khác để xác định chiết suất của nước ?
3. Trong thí nghiệm xác định tiêu cự của thấu kính phân kì, để xác định giá trị d', tại sao ta phải tìm vị trí của màn cho ảnh rõ nét nhất của vật ?
4. Hãy nêu phương án thí nghiệm dùng hệ thấu kính phân kì – thấu kính hội tụ để xác định tiêu cự của thấu kính phân kì. Ngoài phương án thí nghiệm này, em còn biết những cách nào khác để xác định tiêu cự của thấu kính phân kì ?

Tóm tắt chương VII

TÓM TẮT CHƯƠNG VII

1. Lăng kính

Các công thức của lăng kính :

$$\sin i = n\sin r\,;\quad \sin i' = n\sin r'\,;\quad r + r' = A\,;\quad D = i + i' - A$$

Khi tia sáng có góc lệch cực tiểu : $r' = r = \frac{1}{2}A$ hay $i = \frac{D_m + A}{2}$

2. Thấu kính

Độ tụ của thấu kính : $D = \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

Công thức thấu kính : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$

Số phóng đại : $k = -\frac{d'}{d}$

3. Mắt

Hai bộ phận quan trọng nhất của mắt là thấu kính mắt và võng mạc.

Điều kiện để mắt nhìn rõ vật là vật nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt và mắt nhìn vật dưới góc trông $\alpha \geq \alpha_{min}$ (năng suất phân li).

4. Kính lúp

Số bội giác : $G = \frac{\alpha}{\alpha_0} = k\frac{Đ}{|d'| + l}$

+ Khi ngắm chừng ở điểm cực cận : $G = k$.

+ Khi ngắm chừng ở vô cực : $G_\infty = \frac{Đ}{f}$ (không phụ thuộc vào vị trí đặt mắt).

5. Kính hiển vi

Số bội giác : $G_\infty = |k_1|.G_2$

(với k_1 là số phóng đại của ảnh A_1B_1 qua vật kính ; G_2 là số bội giác của thị kính)

$$G_\infty = \frac{\delta.Đ}{f_1.f_2}$$ (với δ là độ dài quang học của kính).

Tóm tắt chương VII (tiếp)

6. Kính thiên văn

Kính thiên văn khúc xạ gồm vật kính có tiêu cự lớn và thị kính có tiêu cự nhỏ, đều là thấu kính hội tụ.

Kính thiên văn phản xạ gồm gương lõm có tiêu cự lớn và thị kính là thấu kính hội tụ, có tiêu cự nhỏ.

Ngắm chừng là quan sát và điều chỉnh khoảng cách giữa vật kính và thị kính sao cho ảnh của vật nằm trong khoảng thấy rõ của mắt.

Số bội giác : $G_{\infty} = \frac{f_1}{f_2}$

(với f_1 là tiêu cự của vật kính, f_2 là tiêu cự của thị kính)

Phụ lục 1

MỘT SỐ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM VẬT LÍ LỚP 11

1. Vôn kế, ampe kế khung quay

Công dụng : Đo hiệu điện thế và cường độ dòng điện (Hình 1).

Nguyên tắc hoạt động :

• Khung dây quay trong từ trường khi có dòng điện.

• Góc quay của kim tỉ lệ với dòng điện qua khung.

Cấu tạo : gồm một điện kế khung quay, mắc với các điện trở phụ mắc nối tiếp trong vôn kế, sơn mắc song song trong ampe kế, để mở rộng giới hạn đo.

Các bộ phận chính : (Hình 2)

• Nam châm vĩnh cửu gắn với vòng sắt non tạo ra từ trường mạnh.

• Khung dây nhẹ, nhiều vòng, gắn với trục quay và hai lò xo để dẫn điện vào khung và tạo ra momen cản. Khung này được đặt trong một khe có từ trường mạnh tạo bởi mạch từ bằng sắt non.

• Kim gắn chặt với khung quay để chỉ thị số đo trên bảng chia độ.

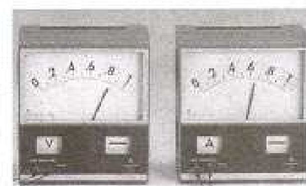
– Khi có dòng điện qua hai lò xo vào khung dây, momen của lực từ sẽ làm quay khung, hai lò xo bị xoắn lại tạo momen cản, khi cân bằng thì kim sẽ chỉ một giá trị xác định.

Giới hạn đo : Loại thường dùng trong nhà trường vào khoảng vài chục vôn và vài ampe.

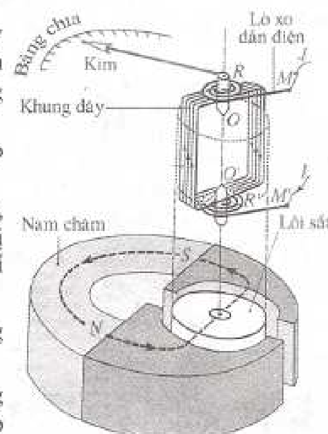
Độ chia nhỏ nhất : Tuỳ từng loại, thông thường là 0,1 A – 0,2 V có loại chuyên để đo các giá trị nhỏ như miliampe, micrôampe...

Cần lưu ý khi sử dụng để bảo vệ dụng cụ đo và có phép đo chính xác :

• Phần lớn các dụng cụ đo điện đều có nhiều thang đo cho nên cần ước lượng giá trị đo để chọn thang đo thích hợp.



Hình 1 Vôn kế, ampe kế khung quay.



Hình 2 Cấu tạo của điện kế khung quay.

Phụ lục 1(tiếp)

• Mắc vào mạch điện đúng vị trí và đúng cực.
• Tư thế đặt dụng cụ đo đúng quy định của từng loại.
• Tuyệt đối không mắc nhầm vị trí của ampe kế với vôn kế !

2. Máy đo điện đa năng chỉ thị bằng kim



Hình 3 Máy đo điện đa năng chỉ thị bằng kim.

Công dụng : Đo được nhiều đại lượng điện như I, U, R (còn gọi là AVO mét) (Hình 3).

Cấu tạo : Gồm một điện kế khung quay, nhiều điện trở phụ ứng với các chức năng và thang đo khác nhau. Riêng chức năng đo R thì có dùng pin đặt trong máy đo.

Các thông số chính :

• Điện trở trong đo bằng Ω/V : Cho biết điện trở của máy đo ứng với mỗi thang đo.

Ví dụ : máy đo có điện trở trong 5 kΩ/V, khi dùng làm vôn kế với thang đo 10 V thì điện trở của vôn kế là 50 000 Ω, nếu dùng thang đo 100 V thì điện trở của vôn kế sẽ là 500 000 Ω.

Giá trị Ω/V càng lớn thì máy đo càng chính xác và giá thành càng cao.

• Các chức năng có thể thực hiện : A-V hoặc A-V-O
• Các giới hạn đo ứng với từng thang đo.

Chú ý :

• Chọn chức năng và thang đo phù hợp bằng cách xoay mũi tên màu trắng. Mắc vào mạch điện đúng vị trí với hai trong ba chốt thích hợp (ở phía trên) của máy đo. Thông thường các máy đo đều có một chốt dùng chung mọi chức năng, còn vài chốt dùng riêng cho từng chức năng.

• Khi đọc giá trị cần đặt mắt thẳng góc với bảng chia độ và lấy sai số dụng cụ bằng một nửa giá trị của vạch chia.



Hình 4 Máy đo điện hiện số.

3. Máy đo điện đa năng hiện số

Công dụng : Tương tự như máy đo chỉ thị bằng kim (Hình 4).

Đặc điểm :

• Có điện trở trong rất cao, cỡ MΩ/V.
• Kết quả đo được hiển thị bằng số với bốn chữ số nên có thể đọc kết quả với độ chính xác cao.

Phụ lục 1(tiếp)

• Có hiện tượng các số cuối không ổn định nếu chọn thang đo quá chính xác.

• Bắt buộc phải dùng pin với mọi chức năng đo.

Các bộ phận chính :

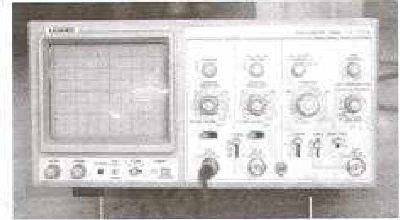
• Màn hiển thị kết quả đo với bốn chữ số và dấu phẩy động.

• Núm xoay để chọn chức năng và thang đo.

• Lỗ cắm dây đo tương ứng chức năng đo.

4. Dao động kí điện tử

Công dụng : Để quan sát, đo lường các đại lượng điện biến đổi, ví dụ như các dao động điện. Đây là một công cụ đa năng trong phòng thí nghiệm phổ thông và trong nghiên cứu khoa học (Hình 5).



Hình 5 Dao động kí điện tử.

Thông thường dao động kí điện tử có thể giúp ta :

• Quan sát đồ thị của U biến đổi trong phạm vi tần số rất rộng (Hz đến MHz)

• Định lượng các giá trị U, I.

• Phát xung chuẩn với các dạng xung khác nhau (sin, răng cưa, vuông).

• Quan sát đồng thời hai đồ thị của U_1, U_2 khác nhau (nếu máy có hai chùm tia).

– *Cấu tạo bên ngoài :* Thông thường các máy có các bộ phận chính như sau :

• Màn hiển thị các đường đặc trưng cần quan sát.

• Các núm điều khiển cơ bản :

– Bật, tắt máy ; độ sáng tối ; độ hội tụ (độ nét) của điểm sáng trên màn ;

– Vị trí cân bằng của điểm sáng trên màn theo phương x (nằm ngang) và phương y (thẳng đứng).

– Độ khuếch đại (dài, ngắn) của dải sáng theo phương x, y.

– Tần số quét của tia electron theo x (có nút chỉnh thô và nút vi chỉnh).

– Có dùng, hay không dùng chức năng tự động quét tia theo phương x.

• Đường đưa tín hiệu vào với dây nối chuyên dùng có bọc lưới kim loại để chống nhiễu.

Phụ lục 1(tiếp)

Cấu tạo :

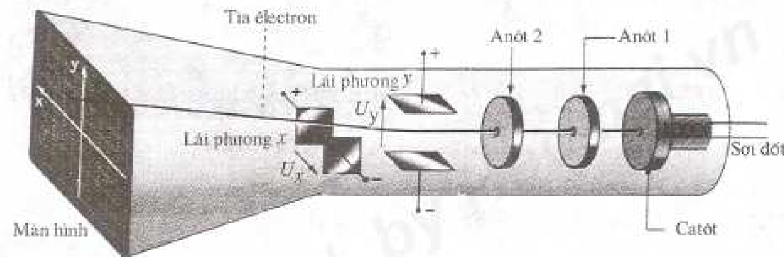
Bộ phận chủ yếu là một ống phóng điện tử trong chân không với các bản cực làm lệch tia êlectron. Trong ống phóng điện tử có các bộ phận chính sau :

– Catôt và sợi đốt để phát xạ êlectron (Hình 6).

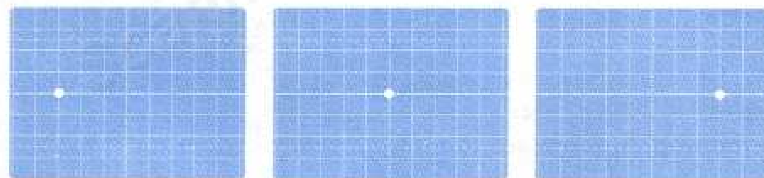
– Các cực anôt 1 và anôt 2 có hiệu điện thế cao so với catôt để gia tốc cho các êlectron và hội tụ thành tia mảnh.

– Màn huỳnh quang sẽ phát sáng khi có êlectron đập vào.

– Các cặp điện cực x, x' và y, y' để làm lệch tia theo phương x và y.



Hình 6 Ống phóng điện tử.



Hình 7 Màn dao động kí.

Khi không có hiệu điện thế đặt vào các bản cực x, y thì chỉ có một điểm sáng chính giữa màn. Khi có hiệu điện thế đặt vào bản các cực x thì điểm sáng bị lệch trái hoặc phải nhiều hay ít tuỳ theo dấu và độ lớn của hiệu điện thế đặt vào. Với các bản cực y cũng có hiện tượng lệch lên hay xuống tương tự (Hình 7).

Đặc biệt nếu đặt vào các bản cực x một hiệu điện thế xung răng cưa thì sẽ có một vệt sáng ngang.

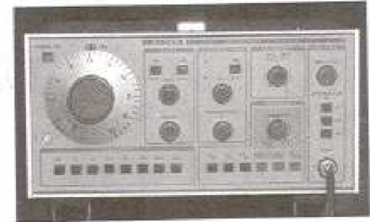
Phụ lục 1(tiếp)

5. Máy phát dao động

Công dụng :

Máy phát dao động (còn gọi là máy phát xung) là nguồn điện công suất nhỏ, có *U* biến đổi tuần hoàn theo thời gian gọi là các xung điện.

Thông thường các máy phát cho ra ba dạng tín hiệu là xung hình sin, xung răng cưa và xung vuông. Trong thí nghiệm ở lớp 11, chỉ cần dùng với xung hình sin và răng cưa như Hình 9.



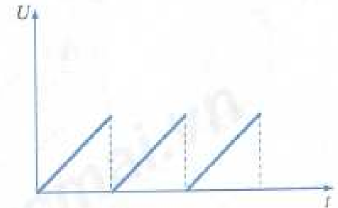
Hình 8 Máy phát dao động.

Các núm điều chỉnh :

Trong máy phát xung, thường có ba loại núm điều chỉnh sau

- Dạng xung : răng cưa, vuông, sin, tam giác.
- Tần số xung (Hz).
- Biên độ xung (V).

Chú ý : Không gây đoản mạch đầu ra của máy !



Hình 9 Xung răng cưa.

6. Hộp điện trở mẫu

Công dụng :

Để tạo các điện trở có giá trị cần thiết với độ chính xác cao tới năm chữ số có nghĩa.

Cấu tạo :

Bên ngoài gồm hai điện cực và năm núm xoay điều chỉnh giá trị điện trở.



Hình 10 Hộp điện trở mẫu.

Bên trong gồm nhiều điện trở nhỏ có độ chính xác cao được liên kết một cách thích hợp với các núm điều chỉnh.

Sử dụng :

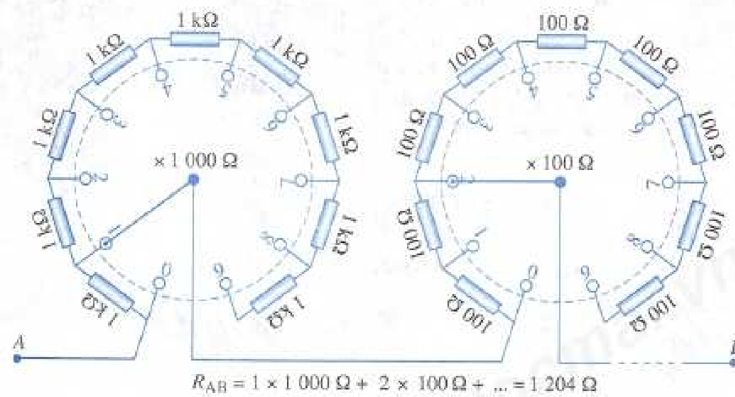
Ví dụ muốn có một điện trở là 1 204 Ω ta cần xoay các núm về các vị trí như sau :

- Núm x 1000 : số 1
- Núm x 100 : số 2
- Núm x 10 : số 0

Phụ lục 1(tiếp)

- Núm x 1 : số 4
- Núm x 0,1 : số 0

Chú ý : Không để dòng điện thực chạy qua lớn hơn dòng điện định mức của hộp điện trở.



Hình 11 Mạch điện trong hộp điện trở.

Phụ lục 2. Bảng tra cứu

Phụ lục 2

BẢNG TRA CỨU

Hằng số điện môi của một số chất

CHẤT KHÍ HAY HƠI	
Ôxi	1,00053
Không khí	1,000567
Nitơ	1,00058
Hơi nước	1,0126
CHẤT LỎNG	
Nitơ lỏng	1,445
Dầu hoả	2,1
Nước	81,0
CHẤT RẮN	
Parafin	2,0
Poliêtilen	2,3
Cao su	2,3 – 5,0
Ebonit	2,7 – 3,0
Sứ	5,5 – 6,5
Thuỷ tinh thường	6,0 – 8,4
Giấy (kĩ thuật điện)	6,6 – 8,5
Mica	7,5
Gốm (để làm tụ điện)	28 – 30

Điện trở suất và hệ số nhiệt của điện trở của một số kim loại hay hợp kim

Tên chất	$\rho(\times 10^{-8}\Omega.m)$	$\alpha(\times 10^{-3}K^{-1})$
Bạc	1,62	4,1
Đồng	1,69	4,3
Vàng	2,0	4,0
Nhôm	2,75	4,4
Vonfam	5,25	4,5
Kẽm	5,9	3,5
Sắt	9,68	6,5
Niken	10,0	5,0
Thiếc	11,5	4,3
Chì	19,0	4,2
Thuỷ ngân	95,8	0,9

Phụ lục 2 (tiếp)

Một số hằng số vật lí cơ bản

Tốc độ ánh sáng trong chân không	$2,998.10^8$m/s ≈ 3.10^8m/s
Điện tích nguyên tố	$1,60.10^{-19}$C
Khối lượng (tĩnh) của êlectron	$9,11.10^{-31}$kg
Khối lượng (tĩnh) của prôtôn	$1,67.10^{-27}$kg
Số Fa-ra-đây	$9,65.10^7$ C/kmol

Chiết suất tuyệt đối của một số chất
(đối với ánh sáng vàng của đèn natri)

CHẤT KHÍ Ở ĐIỀU KIỆN TIÊU CHUẨN	
Hiđrô	1,00014
Ôxi	1,00027
Không khí	1,00029
Nitơ	1,00030
Khí cacbonic	1,00045
CHẤT LỎNG	
Rượu nguyên chất	1,30
Nước	1,33
Axit sunfuric	1,43
Glixerol	1,47
Benzen	1,50
Cacbon sunfua	1,63
CHẤT RẮN	
Nước đá (băng)	1,31
Thạch anh (ở nhiệt độ nóng chảy)	1,46
Thuỷ tinh thường	1,52
Đường	1,56
Pha lê	1,6 – 1,8
Kim cương	2,42

Phụ lục 3. Đáp án và đáp số bài tập

Phụ lục 3

ĐÁP ÁN VÀ ĐÁP SỐ BÀI TẬP

Chương I

1. 1. C ; 2. C ; 3. 8,6 C ; 4. $0,92.10^{-7}$ N.

2. 1. D ; 2. C.

3. 1. B ; 2. B ; 3. 125.10^{-5} C ; 4. 4 500 V/m.

5. a) 36 000 V/m, $\vec{E}$ hướng về phía q_2 ;
b) 16 000 V/m, $\vec{E}$ hướng ra xa q_1.

6. a) $E = \frac{45\sqrt{3}}{64}10^{-3} \approx 1,2.10^{-3}$ V/m. Phương của $\vec{E}$ vuông góc với BC và hướng ra phía xa trung điểm của BC.

b) $E = \frac{45}{64}10^{-3} \approx 0,70.10^{-3}$ V/m. Phương của $\vec{E}$ song song với BC.

7. 0.

4. 1. D ; 2. D. 3. 0 ; 4. 200 V/m ; 5. 2,6 mm ; 6. –1 J ; 7. 127,5 V ; 8. -24.10^{-9} C.

6. 1. B ; 2. A. sai ; B. sai ; C. sai ; D. đúng.

7. 1. D ; 2. C ; 3. 0,11 μC ; 4. a) 5,6 pF ; b) 6 000 V.

5. 100 V ; 6. a) 50 V ; b) 2.10^{-5} C ; 7. 5,46 pF.

8. a) $C_{bộ} = 5$ μF ; $q_{bộ} = 5.10^{-5}$C.
b) $U_{C_1} = 10$ V, $q_1 = 3.10^{-5}$ C ; $U_{C_2} = U_{C_3} = 5V$,
$q_2 = q_3 = 2.10^{-5}$ C.

8. 1. C ; 2. 0,03 J ; 3. Năng lượng bộ acquy tăng lên 0,084 J ; 4. 0,01 J/m^3.

Chương II

10. 1. C ; 2. C ; 3. $0,31.10^{19}$.

11. 1. C ; 2. D.

12. 1. B ; 2. D ; 3. a) Qua đèn 2 lớn hơn ; b) điện trở đèn 1 lớn hơn ; c) đèn 1 dễ cháy ;
4. 4 ; 5. 200 Ω.

13. 1. B ; 2. D ; 3. 12,25 V ; 2,5 A.

Phụ lục 3 (tiếp)

14. 1. B ; 2. C.

3. a) Chiều từ A đến B ; $I = \frac{1}{3}$ A.

b) Chứa nguồn $\mathscr{E}_1$, máy thu $\mathscr{E}_2$.

c) $U_{AC} = -7,6$ V ; $U_{CB} = 13,6$ V.

4. a) $I = \frac{2\mathscr{E}}{r_1 + r_2}$; $U_{AB} = \frac{\mathscr{E}(r_2 - r_1)}{r_1 + r_2}$.

b) $I = \frac{(\mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2)}{r_1 + r_2}$; $U_{AB} = \frac{(\mathscr{E}_1 r_2 + \mathscr{E}_2 r_1)}{r_1 + r_2}$.

5. $\mathscr{E}_{bộ} = 6$ V ; $r_{bộ} = 1,5\ \Omega$; 6. $\mathscr{E}_{bộ} = 7,5$ V ; $r_{bộ} = 4\ \Omega$; $I = 1$ A.

16. 1. C.

2. Không thay đổi.

Chương III

17. 1. C ; 2. C ; 3. 87 Ω.

18. 1. C ; 2. D.

19. 1. D ; 2. B ; 3. 2,47 A.

21. 1. A ; 2. C.

22. 1. C ; 2. B ; 3. B.

23. 1. B ; 2. B ; 3. Tăng 5.10^6 lần.

24. 1. D.

25. 1. B ; 2. C.

Chương IV

26. 1. C ; 2. A. đúng ; B. sai ; C. đúng ; D. sai.

27. 1. D ; 2. B.

28. 1. C ; 2. B ; 3. không ; 4. 0,08 T ; 5. a) ⊗ ; b) 30°.

29. 1. D ; 2. B ; 3. 2.10^{-6} T ; 4. 20 cm ; 5. 500 vòng.

31. 1. C ; 2. 4.10^{-6} N ; 3. 0,01 m ; 4. 5,64 A.

32. 1. D ; 2. C ; 3. b) $0,64.10^{-14}$ N ; c) $\frac{P}{f} = 1,4.10^{-15}$; 4. $3,6.10^{-12}$ N.

33. 1. B ; 2. A ; 3. a) 15.10^{-5} N.m b) 15.10^{-5} N.m ; 4. 0,1 T.

Chương V

34. 1. C.

35. 1. A : độ từ thiên (hay góc từ thiên).
B : độ từ khuynh (hay góc từ khuynh).

C : độ từ thiên dương.
D : độ từ khuynh âm.

38. 1. C ; 2. A ; 3. D ; 4. 3.10^{-7} Wb ; 5. $\alpha = 0^o$.
6. 2.10^{-4} V.
7. a) 6.10^{-5} Wb ; b) $1,5.10^{-4}$ V ; c) *MQPNM*.

39. 1. B ; 2. 0,5 mV ; 3. 0,22 A ; 4. 2,5 m/s.

40. 1. C.

41. 1. B ; 2. $0,25.10^{-2}$ H ; 3. a) 0,25 V ; b) 0.

42. 1. D ; 2. 0,016 J.

Chương VI

44. 1. C ; 2. A.
3. a) góc ló $i' = i = 45^o$ tia ló song song với tia tới.
b) Khoảng cách giữa tia ló và tia tới là $d = 3,3$ cm.
4. a) Ảnh cách bản song song 18 cm.
b) Ảnh cách bản song song 18 cm. $A'B' = 2$cm.
5. Mắt thấy đáy chậu hình như cách mặt nước là 60 cm.

45. 1. C ; 2. B.
3. a) $D = 90^o$; b) $D = 7^o42'$.
4. a) 4,5 cm ; b) $OA = 3,5$ cm ; c) $n' = 1,28$.

Chương VII

47. 1. C ; 2. D ; 3. C.
4. $i = 90^o$; $r = i_{gh}$; $r' = A - i_{gh}$.
5. a) $D = 47^o10'$; b) $D' = 60^o$.
6. a) $i = 45^o$; $r = 41^o48'$; $r' = 8^o12'$; $i' = 8^o42'$; $D = 3^o42'$.
b) $i = 30^o$; $r = 19^o30'$; $r' = 55^o30'$; $r'' = 4^o30'$; $i'' = 6^o45'$ (tia ló đi ra ở mặt *BC*) ; Góc hợp bởi tia ló và tia tới : $D = 81^o45'$.
7. $i = 51^o$; $n = 1,55$.

48. 1. B ; 2. B ; 3. D ; 4. D ; 5. B ; 6. A ; 7. A ; 8. A.
9. a) ảnh thật, $d' = 60$ cm, $k = -2$, $A'B' = 4$ cm.
b) ảnh ảo, $d' = -20$ cm, $k = 2$, $A'B' = 4$cm.
10. a) Thấu kính phân kì.
b) $f = -25$ cm, $D = -4$ điôp ; c) $d' = -15,4$ cm, ảnh ảo, $A'B' \approx 0,8$ cm.

Phụ lục 3 (tiếp)

11. Sơ đồ tạo ảnh $AB \rightarrow A_1B_1 \rightarrow A_2B_2$

a) $d'_1 = 60$ cm, $d_2 = a - d'_1 = 20$ cm, $d'_1 = -100$ cm, A_2B_2 là ảnh thật.

Độ phóng đại $k = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = 10$

$\overline{A_2B_2} = k\overline{AB} \Rightarrow \overline{A_2B_2} = 20$ cm

Ảnh A_2B_2 ngược chiều với vật AB.

b) Ảnh thật, cách hệ thấu kính 17,6 cm.

$k = -\frac{10}{17}$; $A'B' = \frac{20}{17}$ cm $\approx 1,2$ cm

12. a) Ảnh ảo cách L_2 là 7,1 cm.

b) L_1 cách L_2 là 25 cm.

50. 1. B ; 2. A.

51. 1. A ; 2. C ; 3. a) $D = -2$ điốp ; b) d = 16,7 cm.

4. a) $D = 1,5$ điốp ; b) $D = 1,602$ điốp.

52. 1. D ; 2. D ; 3. a) $G_\infty = 2,5$; b) k = 3,5 ; $G_c = 3,5$.

4. a) 5 cm $\leq$ d $\leq \frac{25}{3} \approx 8,3$ cm.

b) $G_v = 1,2$; $|k_v| = 6$; $G_c = |k_c| = 2$.

53. 1. A ; 2. D ; 3. $G_\infty = 75$.

4. a) 0,4101 cm $\leq$ d $\leq$ 0,4102 cm.

b) $G_\infty = 487,5$ cm.

c) $\alpha_\infty = 39.10^{-4}$ rad.

54. 1. A ; 2. $L = 124$ cm ; $G_\infty = 30$.

3. a) $f_1 = 60$ cm ; $f_2 = 2$ cm ; b) 0,6 cm.

4. G $\geq$ 35,7.

MỤC LỤC

Trang

Phần một – ĐIỆN HỌC – ĐIỆN TỪ HỌC

CHƯƠNG I Điện tích – Điện trường

CHƯƠNG II Dòng điện không đổi

CHƯƠNG III Dòng điện trong các môi trường

MỤC LỤC (tiếp)

MỤC LỤC (tiếp)

Phần hai – QUANG HÌNH HỌC

CHƯƠNG VI Khúc xạ ánh sáng

CHƯƠNG VII Mắt. Các dụng cụ quang

Thông tin xuất bản

Chịu trách nhiệm xuất bản : Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc **NGÔ TRẦN ÁI**
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập **NGUYỄN QUÝ THAO**

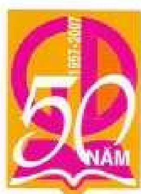
Biên tập nội dung : **VŨ THANH MAI – PHÙNG THANH HUYỀN**
Biên tập mĩ thuật : **TẠ THANH TÙNG**
Biên tập kĩ thuật và trình bày : **LƯU CHÍ ĐỒNG**
Trình bày bìa : **LƯƠNG QUỐC HIỆP**
Sửa bản in : **PHÒNG SỬA BẢN IN** (NXB GIÁO DỤC TẠI HÀ NỘI)
Chế bản : **BAN BIÊN TẬP – THIẾT KẾ MĨ THUẬT**
(NXB GIÁO DỤC TẠI HÀ NỘI)

Trong sách có sử dụng một số tư liệu ảnh của các tác giả khác.

VẬT LÍ 11 – NÂNG CAO
Mã số : NH105M7

In 90.000 bản (QĐ14GK), khổ 17x24 cm,
tại Công ty CP In & TM Thống Nhất, Hà Nội.
Số in: 246/TN. Số xuất bản: 692-2006/CXB/539-1530/GD.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 6 năm 2007.

Bìa 4





SÁCH GIÁO KHOA LỚP 11

1. TOÁN HỌC
   - ĐẠI SỐ VÀ GIẢI TÍCH 11
   - HÌNH HỌC 11
2. VẬT LÍ 11
3. HOÁ HỌC 11
4. SINH HỌC 11
5. NGỮ VĂN 11 (tập một, tập hai)
6. LỊCH SỬ 11
7. ĐỊA LÍ 11
8. TIN HỌC 11
9. CÔNG NGHỆ 11
10. GIÁO DỤC CÔNG DÂN 11
11. NGOẠI NGỮ
    - TIẾNG ANH 11
    - TIẾNG PHÁP 11
    - TIẾNG NGA 11
    - TIẾNG TRUNG QUỐC 11

SÁCH GIÁO KHOA LỚP 11 - NÂNG CAO

Ban Khoa học Tự nhiên :
- TOÁN HỌC (ĐẠI SỐ VÀ GIẢI TÍCH 11, HÌNH HỌC 11)
- VẬT LÍ 11 • HOÁ HỌC 11 • SINH HỌC 11

Ban Khoa học Xã hội và Nhân văn :
- NGỮ VĂN 11 (tập một, tập hai)
- LỊCH SỬ 11 • ĐỊA LÍ 11
- NGOẠI NGỮ (TIẾNG ANH 11, TIẾNG PHÁP 11, TIẾNG NGA 11, TIẾNG TRUNG QUỐC 11)





Giá: 13.100đ